



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DESCARGAS
EN ORIFICIOS Y BOQUILLAS EN LABORATORIO DE
HIDRÁULICA DE UPN. CAJAMARCA.”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Civil.

Autor:

Carlos Jonathan Inciso Pajares

Asesor:

Ing. Luis Vásquez Ramírez

Cajamarca – Perú

2016.

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **Carlos Jonathan Inciso Pajares**, denominada:

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS DESCARGAS EN ORIFICIOS
Y BOQUILLAS EN LABORATORIO DE HIDRÁULICA UPN.
CAJAMARCA”**

Ing. Luis Vásquez Ramírez

ASESOR

Dr. Ing. Orlando Aguilar A.

JURADO

PRESIDENTE

Ing. Irene Ravines Azañero

JURADO

Ing. Manuel Urteaga Toro.

JURADO

DEDICATORIA

Esta tesis está dedicada a Dios quien supo guiarme por el buen camino, darme fuerza para seguir adelante en los momentos más difíciles, para seguir y no dejarme caer ante las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer.

A mi familia y a mi novia, especialmente a mis padres por su apoyo, comprensión, ayuda en los momentos difíciles, y por brindarme los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, perseverancia y especialmente coraje para conseguir mis objetivos.

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de tesis, en primer lugar, me gustaría agradecer a Dios por haberme bendecido permitiendo que mi sueño se haga realidad, por protegerme y darme fuerzas para superar obstáculos para cumplir una de mis metas.

A la Universidad Privada del norte por darme la oportunidad de realizarme como profesional. A mi asesor de tesis, Ing. Luis Vásquez Ramírez por su apoyo en todo momento para poder llegar al objetivo.

De igual manera, agradecer al Director de Carrera de la Facultad de Ingeniería Civil, Ing. Orlando Aguilar Aliaga, por el apoyo constante, por la amistad brindada y especial agradecimiento por los conocimientos impartidos que hoy me sirven para desarrollarme profesionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Contenido

<u>APROBACIÓN DE LA TESIS</u>	ii
<u>DEDICATORIA</u>	iii
<u>AGRADECIMIENTO</u>	iv
<u>ÍNDICE DE CONTENIDOS</u>	v
<u>ÍNDICE DE TABLAS</u>	vii
<u>ÍNDICE DE FIGURAS</u>	ix
<u>RESUMEN</u>	xi
<u>ABSTRACT</u>	xii
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática.	13
1.2. Formulación del problema.....	14
1.3. Justificación.....	14
1.4. Limitaciones	15
1.5. Objetivos	15
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	15
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	15
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	16
2.1. Antecedentes	16
2.2. Bases teóricas.....	18
2.2.1. <i>Orificios</i>	18
2.2.2. <i>BOQUILLAS</i>	24
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA	33
3.1. Operacionalización de variables	33
3.2. Diseño de investigación	34
3.3. Unidad de estudio	34
3.4. Población	34
3.5. Muestra (muestreo o selección).....	34
3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	35
3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos	35

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....	36
4.1. RESULTADOS PROMEDIO DE DATOS DE LABORATORIO.....	36
4.1.1. Resultados promedio de Orificio Cuadrado.....	36
4.1.2. Resultados promedio de orificio rectangular.....	36
4.1.3. Resultados promedio de Orificio circular.....	37
4.1.4. Resultados Promedio de Orificios triangulares.....	37
4.1.5. Resultados Promedio de boquilla cilíndrica cuadrada.....	38
4.1.6. Resultados promedio de Boquilla cilíndrica rectangular.....	38
4.1.7. Resultados promedio de boquilla cilíndrico circular.....	39
4.1.8. Resultados promedio de boquilla cilíndrica triangular.....	39
4.1.9. Resultados promedio de boquilla convergente cuadrada.....	40
4.1.10. Resultados promedio de boquilla convergente rectangular.....	40
4.1.11. Resultados promedio de boquilla convergente circular.....	41
4.1.12. Resultados promedio de boquilla convergente triangular.....	41
4.1.13. Resultados promedio de boquilla divergente cuadrada.....	42
4.1.14. Resultados promedio de boquilla divergente rectangular.....	42
4.1.15. Resultados promedio de boquilla divergente circular.....	43
4.1.16. Resultados promedio de boquilla divergente triangular.....	43
4.2. CÁLCULO DE DESCARGAS PROMEDIO.....	44
4.2.1. Cálculo de descarga en orificios.....	44
4.2.1.2 Descargas de orificio rectangular.....	44
4.2.1.3 Descargas de orificio circular.....	45
4.2.2. Calculo de descargas en boquillas cilíndricas.....	46
4.2.3. Calculo de descargas en boquillas convergentes.....	48
4.2.4. Calculo de descargas en boquillas divergentes.....	50
4.2.5. Calculo de caudales para cualquier carga.....	52
CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN.....	56
CONCLUSIONES.....	64
REFERENCIAS.....	65
ANEXOS	67

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 01: Operacionalización de variable independiente.....	33.
TABLA N° 02: Operacionalización de variable dependiente.....	34.
TABLA N° 03: Medidas promedio orificio cuadrado.....	36.
TABLA N° 04: Medidas promedio de orificio rectangular.....	36.
TABLA N° 05: Medidas promedio orificio circular.....	37.
TABLA N° 06: Medidas promedio orificio triangular.....	37.
TABLA N° 07: Medidas promedio de boquilla cilíndrica cuadrada.....	38.
TABLA N° 08: Medidas promedio de boquilla cilíndrica rectangular.....	38.
TABLA N° 09: Medidas promedio de boquilla cilíndrica circular.....	39.
TABLA N° 10: Medidas promedio de boquilla cilíndrica triangular.....	39.
TABLA N° 11: Medidas promedio de boquilla convergente cuadrada.....	40.
TABLA N° 12: Medidas promedio de boquilla convergente rectangular.....	40.
TABLA N° 13: Medidas promedio de boquilla convergente circular.....	41.
TABLA N° 14: Medidas Promedio de boquilla convergente triangular.....	41.
TABLA N° 15: Medidas promedio de boquilla divergente cuadrada.....	42.
TABLA N° 16: Medidas promedio de boquilla divergente rectangular.....	42.
TABLA N° 17: Medidas promedio de boquilla divergente circular.....	43.
TABLA N° 18: Medidas promedio de boquilla divergente triangular.....	43.
TABLA N° 19: Descarga de orificio cuadrado.....	52.
TABLA N° 20: Descarga de orificio rectangular.....	52.
TABLA N° 21: Descarga de orificio circular.....	52.
TABLA N° 22: Descarga de orificio triangular.....	52.
TABLA N° 23: Descarga de boquilla cilíndrica cuadrada.....	53.
TABLA N° 24: Descarga de boquilla cilíndrica rectangular.....	53.
TABLA N° 25: Descarga de boquilla cilíndrica circular.....	53.
TABLA N° 26: Descarga de boquilla cilíndrica triangular.....	53.
TABLA N° 27: Descarga de boquillas convergente cuadrada.....	54.

TABLA N° 28: Descarga de boquillas convergente rectangular.....	54.
TABLA N° 29: Descarga de boquillas convergente circular.....	54.
TABLA N° 30: Descarga de boquillas convergente triangular.....	54.
TABLA N° 31: Descarga de boquillas divergente cuadrada.....	55.
TABLA N° 32: Descarga de boquillas divergente rectangular.....	55.
TABLA N° 33: Descarga de boquillas divergente circular.....	55.
TABLA N° 34: Descarga de boquillas divergente triangular.....	55.
TABLA N° 35: Resumen.....	63.

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 01: Orificios de pared gruesa y delgada.....	18.
FIGURA N° 02: Descarga Libre	19.
FIGURA N° 03: Orificio sumergido totalmente.....	20.
FIGURA N° 04: Orificios de pared delgada.....	21.
FIGURA N° 05: Orificios de pared gruesa.....	22.
FIGURA N° 06: Orificio de tubo.....	22.
FIGURA N° 07: Boquillas.....	24.
FIGURA N° 08: Boquilla larga y boquilla gruesa.....	25.
FIGURA N° 09: Clasificación de Boquillas.....	26.
FIGURA N° 10: Boquilla cilíndrica interna.....	27.
FIGURA N° 11: Boquilla cilíndrica externa.....	27.
FIGURA N° 12: Boquilla cónica Divergente.....	28.
FIGURA N° 13: Boquilla cónica convergente.....	29.
FIGURA N° 14: Análisis de descarga.....	30.
FIGURA N° 15: Ecuación de orificio cuadrado.....	44.
FIGURA N° 16: Ecuación de orificio rectangular.....	44.
FIGURA N° 17: Ecuación de orificio circular.....	45.
FIGURA N° 18: Ecuación de orificio triangular.....	45.
FIGURA N° 19: Ecuación de boquilla cilíndrica cuadrada.....	46.
FIGURA N° 20: Ecuación de boquilla cilíndrica rectangular.....	46.
FIGURA N° 21: Ecuación de boquilla cilíndrica circular.....	47.
FIGURA N° 22: Ecuación de boquilla cilíndrica triangular.....	47.
FIGURA N° 23: Ecuación de boquilla convergente cuadrada.....	48.
FIGURA N° 24: Ecuación de boquilla convergente rectangular.....	48.
FIGURA N° 25: Ecuación de boquilla convergente circular.....	49.
FIGURA N° 26: Ecuación de boquilla convergente triangular.....	49.
FIGURA N° 27: Ecuación de boquilla divergente cuadrada.....	50.

FIGURA N° 28: Ecuación de boquilla divergente rectangular.....	50.
FIGURA N° 29: Ecuación de boquilla divergente circular.....	51.
FIGURA N° 30: Ecuación de boquilla divergente triangula.....	51.
FIGURA N° 31: comparación orificio cuadrado vs boquilla cilíndrica cuadrada.....	56.
FIGURA N° 32: Comparación orificio cuadrado vs boquilla convergente cuadrada.....	56.
FIGURA N° 33: Comparación orificio cuadrado vs boquilla divergente cuadrada.....	57.
FIGURA N° 34: Comparación orificio rectangular vs boquilla cilíndrica rectangular.....	57.
FIGURA N° 35: Comparación orificio rectangular vs boquilla convergente rectangular.....	58.
FIGURA N° 36: Comparación orificio rectangular vs boquilla divergente rectangular.....	58.
FIGURA N° 37: Comparación orificio circular vs boquilla cilíndrica circular.....	59.
FIGURA N° 38: Comparación orificio circular vs boquilla convergente circular.....	59.
FIGURA N° 39: Comparación orificio circular vs boquilla divergente circular.....	60.
FIGURA N°40: Comparación orificio triangular vs boquilla cilíndrica triangular.....	60.
FIGURA N° 41: Comparación orificio triangular vs boquilla convergente triangular.....	61.
FIGURA N° 42: Comparación orificio triangular vs boquilla divergente triangular.....	61.

RESUMEN

Esta tesis evaluó experimentalmente, mediante ensayos de laboratorio las descargas hidráulicas en orificios y boquillas para determinadas cargas, obteniendo resultados que nos permitieron realizar un análisis comparativo entre estos tipos de estructuras hidráulicas.

La propuesta se basó en brindar información real sobre las descargas que se producen a través de este tipo de estructuras, ya que muchas veces se confunde las capacidades de descarga que puedan tener, tomando la idea equivocada de que, tanto orificios como boquillas tienen las mismas capacidades de descarga, motivo por el cual, nace la necesidad de esta investigación comparando la capacidad de descarga de cada uno de los orificios y boquillas.

El proceso se realizó con toma de datos en laboratorio, luego se procedió al análisis y obtención de resultados que permiten observar que la menor descarga pertenece al orificio circular con 0.219 l/s y la mayor descarga se observa en la boquilla divergente circular con 1.35 l/s.

Se concluye que en su mayoría las boquillas divergentes tienen mayor cantidad de descarga ante todos los demás accesorios ensayados.

ABSTRACT

This thesis evaluated experimentally through laboratory testing hydraulic shocks holes and nozzles for certain loads, obtaining results that allowed us to make a comparative analysis between these types of hydraulic structures.

The proposal was based on providing real information on the discharges that occur through these structures, since often download capabilities that can be confused, taking the misconception that both holes as nozzles have the same capabilities discharge why this comes the need to research comparing the discharge capacity of each of the holes and nozzles.

The process was performed with data collection in the laboratory, then the analysis and obtaining results for observing the lower discharge belongs to the circular hole with 0.219 l / s as download seen in divergent circular die with 1.35 l / s.

It is concluded that most divergent nozzles have a greater amount of discharge to all other accessories tested.

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática.

Mejía (2002) menciona que la teoría orientada hacia el diseño de los puntos de control de la toma de agua y su descarga a los sistemas que la conducirán hacia la zona de demanda. Dadas las dimensiones de una carga hidráulica, es posible conocer los caudales que circulan por los orificios abiertos o controlados por válvulas y compuertas. Se puede afirmar que todas las obras de toma incluyen para su control, alguno de estos componentes. Los análisis para orificios se han desarrollado y verificado a nivel laboratorio, contándose con las herramientas de cálculo adecuadas y de buena aproximación.

Pérez (2005) en la tesis nociones sobre orificios y vertederos, tipos de escurrimiento uniforme en canales, remansos y resaltos, y su relación con la sedimentación y la corrosión en cloacas: Se analizan los orificios y vertederos (sobre todo éstos últimos), movimientos variados en canales (resaltos y remansos) recurrentes en la problemática habitual, y en particular la relación con los remansos que los vertederos originan, los que a su vez pueden implicar tramos sujetos a sedimentación de sólidos. Para el caso de las cloacas, se presenta el índice de Pomeroy, que permite evaluar el ataque corrosivo por acción del sulfuro de hidrógeno (SH_2) en las tuberías de o revestidas con materiales cementicios. Se evalúa además, la incidencia de determinados remansos, que favorecen localmente el proceso corrosivo al posibilitar la sedimentación.

López (2011) en la tesis calibración de instrumentos de medición de flujo para conductos cerrados: Ingeniería hidráulica es imprescindible la determinación del caudal en un sistema de conducción ya sea cerrado o abierto, para distintos propósitos, por ejemplo: diseño de una línea de conducción, distribución de sistema de riego o generación de energía eléctrica. Por lo que es imprescindible el conocimiento de los distintos instrumentos que existen para medir flujo volumétrico, los cuales funcionan con los principios de la mecánica de fluidos, como la ecuación de continuidad o el principio de Bernoulli.

Los proyectos de ingeniería hidráulica son de gran importancia para el avance tecnológico, progreso y la calidad de vida. Muchos de estos proyectos están formados por estructuras, conductos cerrados, máquinas hidráulicas y otros. Por tal motivo, el presente trabajo de graduación pretende estudiar los principales instrumentos para medición de flujo.

Todo lo referido anteriormente, tiene como fin esencial ayudar al estudiante y los diferentes profesionales de mecánica de fluidos e hidráulica, a conocer y familiarizarse con los distintos instrumentos de medición de flujo en tuberías y su funcionamiento.

La medición de flujo de agua, implica la utilización de dispositivos confiables y económicamente accesibles, el medidor de placa y orificio es un dispositivo que por su sencillez fue posible elaborar su diseño con base en los estándares internacionales como el ISO 5167-2, donde se especifican las características del elemento primario y la disposición de las tomas de presión, así también por su costo bajo de construcción o adquisición permitió su construcción con materiales disponibles como el pvc transparente y placas de acrílico. El dispositivo se construyó para poder visualizar la cavitación que se produce por los cambios bruscos de presión, con los datos medidos fue posible calcular su índice de cavitación correspondiente. (Palma , 2014)

1.2. Formulación del problema

¿Existe variación significativa en las descargas utilizando orificios y boquillas para las mismas condiciones hidráulicas?

1.3. Justificación.

El presente trabajo tiene como finalidad conocer el procedimiento que se debe llevar a cabo en laboratorio para determinar las descargas tanto de orificios y boquillas puesto que en algunas obras hidráulicas muchas veces se utilizan las boquilla dando la función de orificio de los cuales se realizara el análisis y comparación las descargas de ambas estructuras viendo el funcionamiento de las mismas y si varia de alguna manera en relación a sus descargas.

La importancia de esta investigación se da con la necesidad de sacar una conclusión al realizar una comparación entre la carga y descarga obtenida en laboratorio de los orificios y las boquillas.

Esta investigación será utilizada como base de datos experimentales por los estudiantes de la universidad privada del Norte.

1.4. Limitaciones

Para desarrollar la presente tesis se tuvo que enfrentar una serie de limitaciones una de las más resaltantes es las limitaciones con los horarios para el uso de laboratorio y los implementos que se necesitó.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo general

- Comparar descargas en orificios y boquillas con las mismas condiciones hidráulicas.

1.5.2. Objetivos específicos.

- Analizar la descarga en orificios de diferente sección para las mismas condiciones área de la sección y carga hidráulica.
- Analizar la descarga en boquillas cilíndricas de diferente sección para las mismas condiciones de área de sección y carga hidráulica.
- Analizar la descarga en boquillas cónicas convergentes de diferente sección para las mismas condiciones de área de sección y carga hidráulica.
- Analizar la descarga en boquillas cónicas divergentes de diferente sección para las mismas condiciones de área de sección y carga hidráulica.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes.

Almeida (2009) demuestra que un modelo hidráulico a escala de canal para implantar un laboratorio en la Universidad San Francisco Quito: El proyecto se enmarca en implementar modelos hidráulicos así como también en la elaboración de prácticas de laboratorio con fines pedagógicos. En la estudio del canal hidráulico se estudiarán el comportamiento del agua en orificios, a distintas alturas así como también distintos tipos de vertederos.

En 2008, Aguilar demostró que el medidor de flujo de placa orificio con sensores de presión de fibra óptica: En la investigación se construyó un medidor de flujo de placa orificio con un sensor de fibra óptica. El medidor presenta una reducción en la sección del fluido por lo cual la velocidad aumenta y la presión disminuye lo característico es que lo hacen en la misma proporción equivalente causando una diferencia entre la presión de entrada y de salida de la placa del orificio. Las presiones serán medidas por los sensores diafragma tanto la de entrada como la de salida, cuya deformación fue medida con un sensor de fibra óptica.

Palma (2014) demostró que el diseño y construcción de un dispositivo medidor de placa orificio para analizar el comportamiento del flujo respecto a los índices de cavitación: La medición del flujo del agua, implica la utilización de dispositivos y económicamente accesibles, el medidor placa y orificio que por su sencillez permitió la elaboración de su diseño y construcción a bajo costo con la finalidad de poder visualizar la cavitación que se produce por los cambios bruscos de presiones, con los datos obtenidos fue posible calcular un índice de cavitación correspondiente. Esto permitió observar el comportamiento durante la cavitación y con los datos obtenidos índices de cavitación. Finalmente la elaboración de curvas de calibración para cada una de las placas prefabricadas y también se calculó el coeficiente de carga experimental.

en 2015, Villar demostró que el diseño de un humedal sub superficial vertical para la depuración de las aguas residuales de la Universidad central “Marta Abreu” de las Villas: En el presente trabajo se propone reemplazar una planta de tratamiento de residuos de la Universidad Central “Marta Abreu” de las Villas por un Sistema de tratamiento, compuesto por humedal sub superficial vertical, colocado después de un tratamiento primario. Se proponen los parámetros de diseño del humedal y un dimensionamiento de acuerdo a los modelos cinéticos para la remoción de DBO necesiéndose un área para cada celda de 1200m² para cada humedal, luego se realizará el diseño de humedal para lograr una corriente distribución de agua residual en el lecho, también se selecciona el diámetro de las tuberías y diferencia de alturas. Se propuso además graduar la variación de orificios para que el gasto sea uniforme. Finalmente se realizó una evaluación económica del sistema propuesto.

López (2011) demostró que la calibración de instrumentos de medición de flujo para conductos cerrados: se realizó una recopilación de información sobre calibración de cinco medidores de flujo y de esta realizar una práctica de laboratorio correspondiente al curso de mecánica de fluidos, de la facultad de ingeniería, que se centrara sobre las distintas magnitudes fluido – dinámicas relevante de un flujo que es de mucho interés para los estudiantes que utilizan el laboratorio de hidráulica.

En general el estudiante conocerá el funcionamiento tubo venturi, un ensanchamiento, placa de orificios un codo y un rotámetro, que permite al estudiante de ingeniería observar flujos de características reales de distintos tipos.

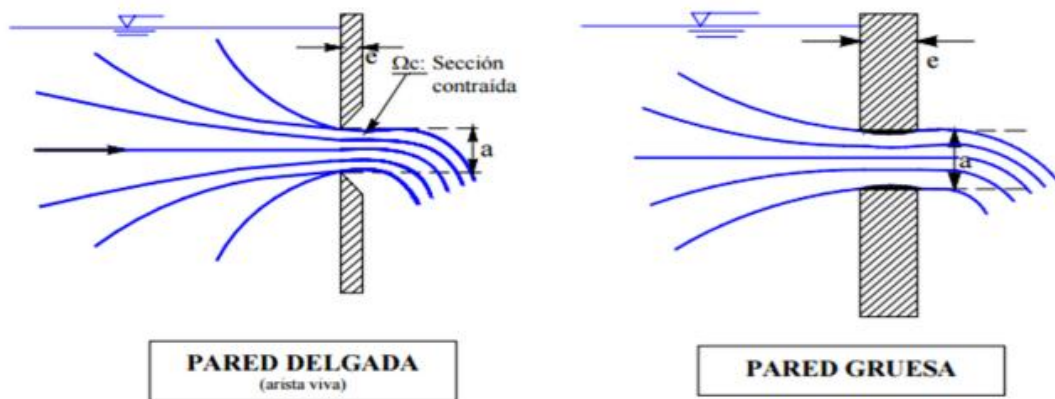
En todos los casos se busca además una buena cuantificación de variables involucradas mediante el empleo de instrumentación de medida y con ello determinar sus coeficientes de descarga para a cada medidor de flujo. Se pretende que el estudiante tenga información necesaria para diseñar un sistema eficiente.

2.2. Bases teóricas.

2.2.1. Orificios.

Se denomina orificio a una abertura de forma regular, la cual puede estar ubicada en la pared o en el fondo de un recipiente, por medio del cual se transporta líquido. La corriente líquida que sale del recipiente se le llama chorro.

FIGURA N° 01: orificios de pared gruesa y delgada



Fuente: Vásquez, 2013.

La utilidad del orificio es descargar un caudal cuya magnitud se desea calcular, por lo cual se supone que el nivel del fluido en el recipiente permanece constante por efecto de la entrada de un caudal idéntico al que sale; o bien porque posea un volumen muy grande. Además, el único contacto entre el líquido y la pared debe ser una arista biselada; esto es, el orificio de pared delgada.

Para la clasificación del tipo de orificio depende del espesor de la pared y el diámetro del orificio condicionándolo para clasificarlos de la siguiente manera:

- Pared delgada $e < 0.5 a$
- Pared gruesa $e > 3 a$

Se denomina carga a la cantidad de líquido que produce el caudal y se mide desde el nivel de líquido hasta el baricentro del orificio.

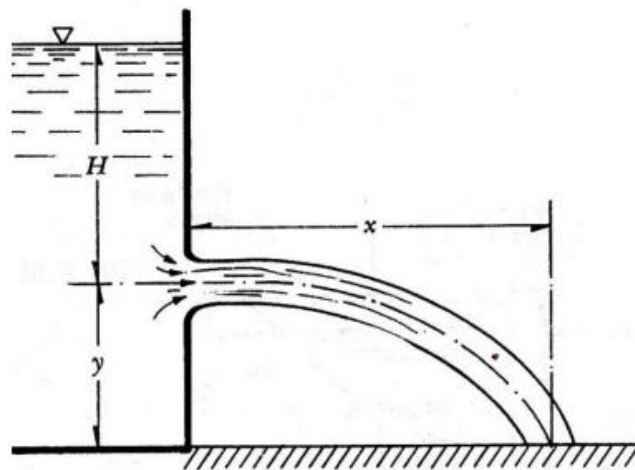
El orificio puede ubicarse en salida libre, se da cuando el recipiente inferior está por debajo de la arista o salida sumergida, cuando el recipiente inferior este por arriba de la arista.

Clasificación puede realizarse de acuerdo a las condiciones de trabajo, es decir, descargando libremente, ahogados parcialmente o sumergidos o a presión en el interior de una tubería. De la misma manera la clasificación puede realizarse de acuerdo con su forma, circular, cuadrada, rectangular, etcétera.

2.2.1.1. Orificios con descarga libre

Son aquellos en los que el nivel de líquido de la descarga se encuentra por debajo del orificio.

FIGURA N° 02: Descarga libre

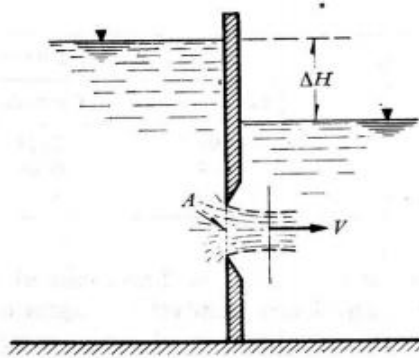


Fuente: Vásquez, 2013.

2.2.1.2. Orificios sumergidos o ahogados

Son aquellos en los que el nivel de líquido de la descarga se encuentra por encima y por debajo del orificio, pueden ser de dimensiones fijas o ajustables. Los orificios sumergidos con dimensiones fijas se usan cuando la carga de líquido disponible es insuficiente para la operación adecuada de los vertederos, debido a que si la carga H es baja un vertedero no funciona.

FIGURA N° 03: Orificio sumergido totalmente



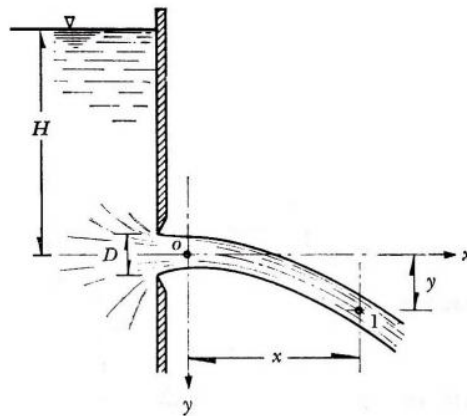
Fuente: Vásquez, 2013.

Los orificios sumergidos ajustables son aquellos en los que el área de descarga puede modificarse a voluntad, con el fin de acomodar el área a los distintos caudales probables y/o necesarios.

2.2.1.3. Orificios de pared delgada

En estos orificios el agua al salir tiene contacto con un solo punto y lo llena completamente. La vena líquida sufre una contracción, que llega a ser extrema en la parte que se denomina vena o sección contractada o contraída.

FIGURA N° 04: Orificio de pared delgada.

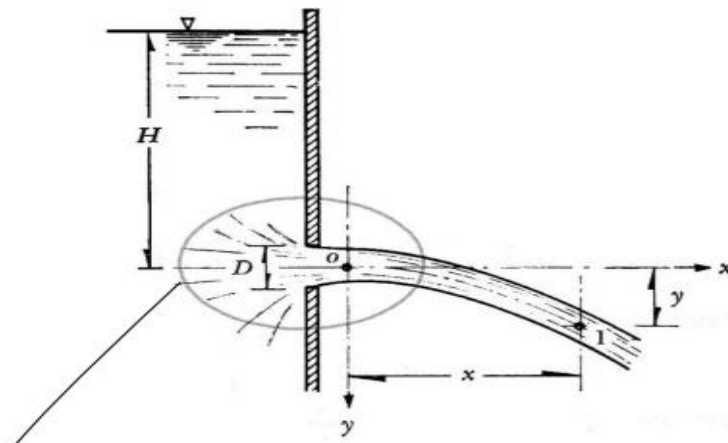


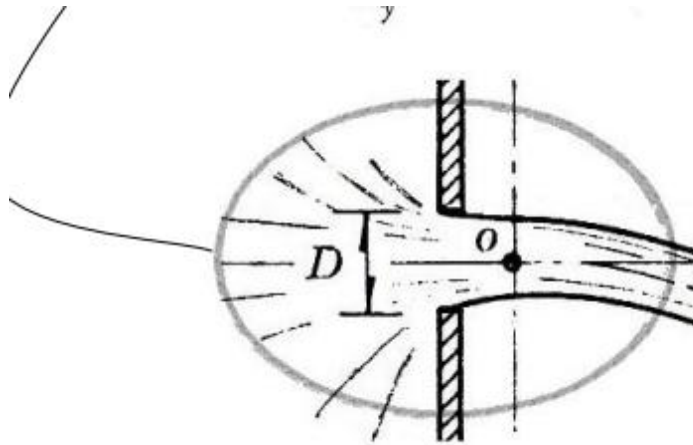
Fuente: Vásquez, 2013.

2.2.1.4. Orificios de pared gruesa

En estos orificios el agua al salir tiene contacto en más de un punto, se le puede dar forma abocinada para que al salir el agua se forme un chorro igual al diámetro del orificio.

FIGURA N° 05: Orificio de pared gruesa



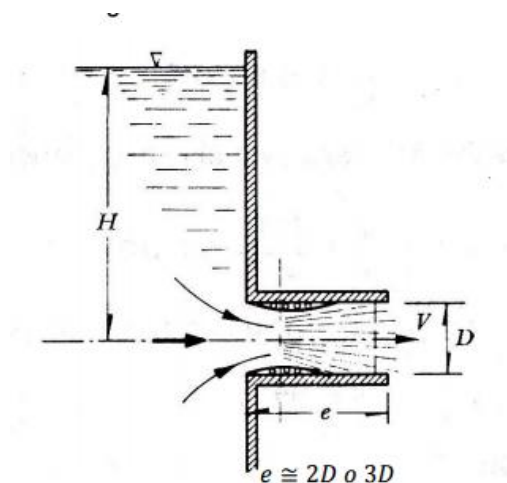


Fuente: Vásquez , 2013.

2.2.1.5. Orificio de tubo.

La salida del orificio está conectada a un tubo corto, es decir, el líquido no sale a la superficie libre inmediatamente, sino a un tubo de pequeña longitud aproximadamente 2 o 3 veces el diámetro del orificio.

FIGURA N° 06: Orificio de tubo



Fuente: Vásquez, 2013.

Suponiendo que el plano de referencia que el plano de referencia del equipo coincida con el centro de gravedad del orificio entonces en ese caso tendríamos que a carga sería igual a lo siguiente:

$$H = \frac{v^2}{2g} \dots\dots\dots (1)$$

Donde se desprecia el desnivel entre los centros de gravedad de la sección contraída y el orificio se obtiene lo siguiente:

$$V = \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (2)$$

Teorema de Torricelli nos indica que la velocidad tiene una trayectoria parabólica este es el caso de la velocidad media "V", se calcula con la profundidad media del orificio y corresponde a su centro de gravedad, no obstante que las velocidades de las partículas arriba de este punto son menores y abajo son mayores, esto tendrá mayor validez a medida que la dimensión transversal, no horizontal del orificio sea mucho menor que la profundidad H. Es más los resultados obtenidos concuerdan con datos experimentalmente solo si se corrigen, mediante C_v llamado el coeficiente de velocidad, en la forma

$$V = C_v \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (3)$$

C_v Tiene un valor muy próximo a 1 corrige el error tanto con pérdida de energía. El cálculo el área contraída en términos del área del orificio por medio de un coeficiente C_c llamado contracción (también sin dimensiones), en forma:

$$A_c = C_c A \dots\dots\dots (4)$$

El gasto descargado por los orificios es entonces

$$Q = C_v C_c A \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (5)$$

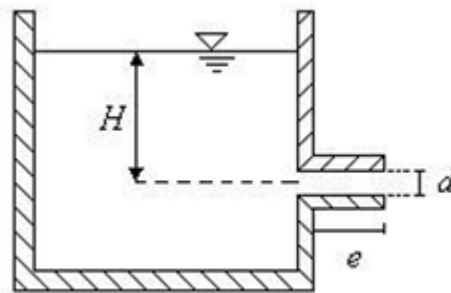
O también con $C_d = C_v C_c$ (coeficiente de gasto), el gasto se calcula finalmente con la ecuación general de un orificio de pared delgada a saber:

$$Q = C_d A \sqrt{2gH} \dots \dots \dots (6)$$

Fuente: SOTELO, 1985.

2.2.2. Boquillas

FIGURA N° 07: Boquillas



Si $e = 1.5$ a $3.9 d$, se llaman boquillas.

Si $e = 3.0$ a $500 d$, se llaman tubos muy cortos.

Si $e = 500$ a $4000 d$, se llaman tuberías cortas.

Si $e > 4000 d$, se llaman tuberías.

Fuente: Unicauca, 2000.

2.2.2.1. Definición

Se llama boquillas a todos los tubos adicionales de pequeña longitud constituidos por piezas tubulares adaptadas a los orificios.

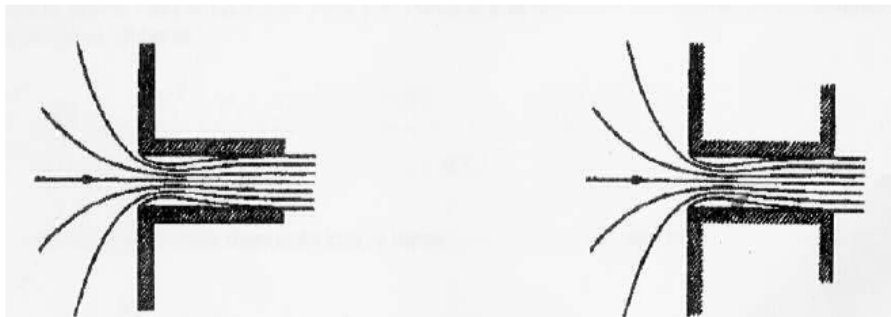
Se emplean para dirigir el chorro líquido.

Su longitud debe estar comprendida entre vez y media (1,5) y tres (3,0) veces su diámetro.

Las boquillas pueden ser entrantes o salientes y se clasifican en cilíndricas, convergentes y divergentes. A las boquillas convergentes suele llamárseles toberas. Debido a que las trayectorias de las líneas de flujo pasan rápidamente de una dirección normal a la pared de la boquilla a una dirección prácticamente tangencial a ella, se produce un radio de curvatura fuerte, lo que ocasiona una contracción del chorro a la entrada de la boquilla; luego debido a la pérdida de carga, se produce una expansión paulatina del chorro y se recupera su presión. Las experiencias nos indican que para que el orificio se llene completamente hace falta que la longitud de la boquilla sea por lo menos 3 veces el diámetro de ésta.

Boquilla larga se denomina a aquella de forma cilíndrica cuya longitud es suficientemente larga para el chorro líquido alcance adherir sus paredes y escurra a sección llena en la salida.

FIGURA N° 08: Boquilla larga y boquilla gruesa



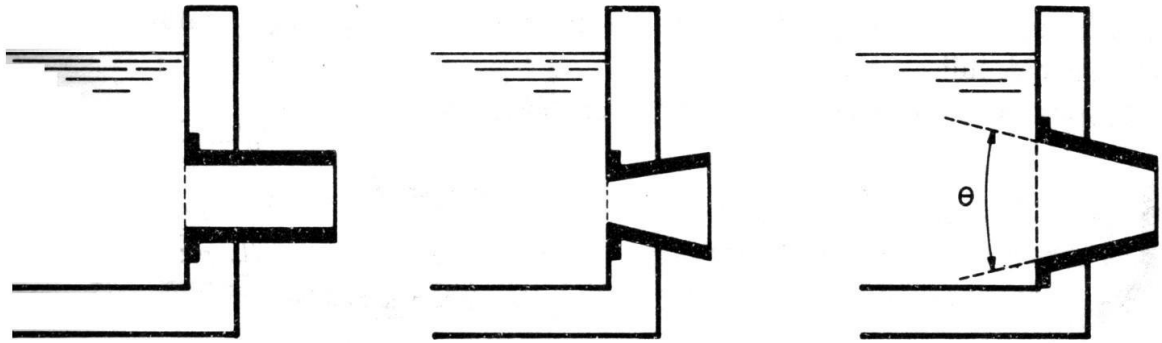
Boquilla Larga

Orificio de Pared Gruesa

Fuente: Azevedo y Acosta ,1976.

2.2.2.2. Clasificación de Boquillas

FIGURA N° 09: Clasificación de Boquillas



Fuente: Unicauca, 2000.

- **Boquillas Cilíndricas.**

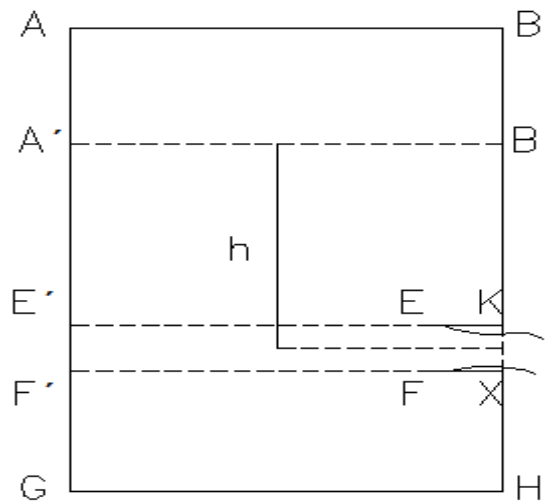
También denominadas boquillas patrón y de comportamiento similar al de un orificio de pared gruesa. En estas boquillas se busca el equilibrio entre longitud (la menor posible para minimizar pérdidas por fricción) y la adhesión de la vena. A las paredes (la longitud mayor posible para permitir que el chorro tenga la misma sección que la boquilla) para obtener los caudales máximos.

- **Boquillas Cilíndricas Internas**

En las boquillas interiores (o de Borda) la contracción de la vena ocurre en el interior, no necesariamente el chorro se adhiere a las paredes.

Es interesante observar que a la boquilla interior de Borda corresponde al menor caudal: coeficiente de descarga 0,51 (teóricamente se encuentra $C_c = 0,5$ para vena libre).

FIGURA N° 10: Boquilla cilíndrica interna

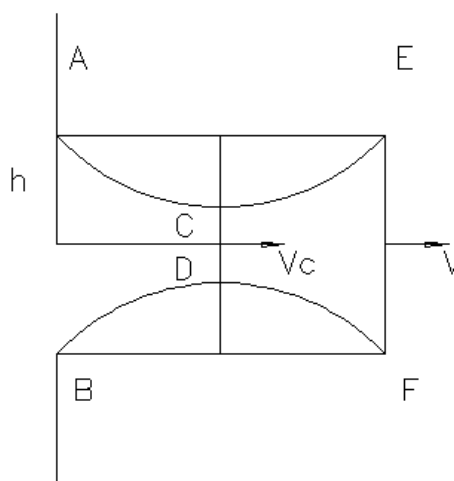


Fuente: Unicauca, 2000.

- **Boquillas cilíndricas Externa.**

Si la longitud de la boquilla es suficiente (cuando menos una y media veces el diámetro. del orificio), la contracción de la vena es seguida de una expansión y la boquilla descarga a sección plena.

FIGURA N° 11: Boquilla cilíndrica externa



A= Vértice inicial superior de la boquilla.

B= Vértice inicial inferior de la boquilla.

E=vértice superior de desembocadura del agua.

F = Vértice inferior de desembocadura de agua.

h = Carga la cual está sometida el accesorio.

V_c = de la sección contraída.

V = velocidad de descarga.

Fuente: Unicauca, 2000.

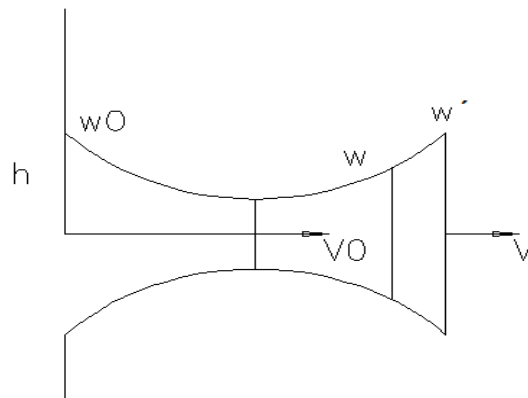
- **Boquillas cónicas.**

Con estas boquillas se aumenta el caudal.

- **Boquillas cónicas Divergentes**

Considerar una boquilla aplicada a la pared de un recipiente, y constituida por una convergencia corta (para guiar la contracción de la vena a la entrada) seguida de una divergencia de ángulo bastante pequeño, para que los pequeños tubos de corriente no se separen y de manera tal que no se presente una zona muerta en la que ocurren las turbulencias. Si, además, el tubo está bien pulido, las pérdidas son muy pequeñas la velocidad de salida es muy cercana a la teórica.

FIGURA N° 12: Boquilla cónicas divergentes



h = carga a la cual está sometida la boquilla.

V_0 = velocidad inicial de salida.

V = velocidad de descarga.

w_0, w, w' =vértices de boquilla.

Fuente: Unicauca, 2000.

Esto aparentemente permite concluir que mediante un simple alargamiento de la boquilla (como lo indica el trazo discontinuo), se podría incrementar indefinidamente el gasto, para una carga dada h . y la misma sección en el cuello, pero lo que realmente ocurre es que, al prolongar la boquilla, la velocidad aumenta, la presión disminuye y, a partir de un cierto momento, se produce el fenómeno de cavitación. En ese instante, el fluido deja de ser homogéneo y dejan de ser aplicables las fórmulas establecidas bajo la hipótesis de un líquido homogéneo.

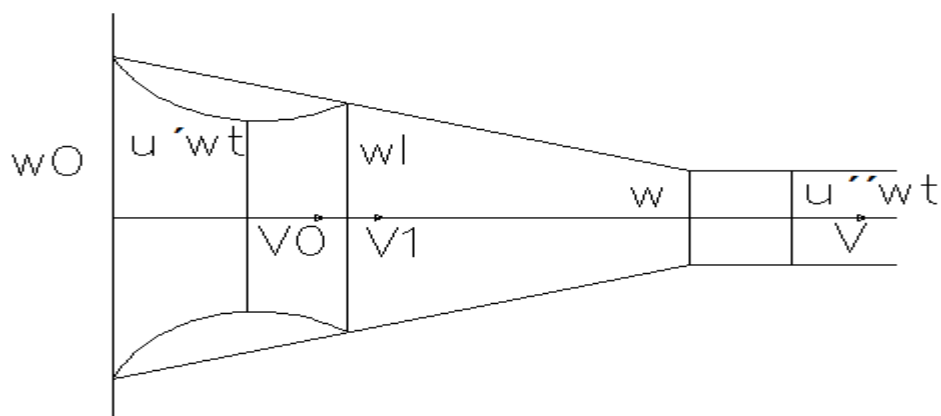
Las boquillas divergentes con la pequeña sección inicial convergente se denominan Vénturi, puesto que fueron estudiadas por este investigador, que demostró experimentalmente que un ángulo de divergencia de 5 grados y $e = 9d$ permite los más altos coeficientes de descarga.

- **Boquillas cónicas Convergentes.**

La pura convergencia de los pequeños tubos de corriente no implica, de ninguna manera, pérdidas apreciables; pero si la boquilla tiene aristas de entrada vivas, la vena líquida experimenta una contracción inicial hasta adquirir la sección u' , posteriormente se expande hasta llenar (en u'') la sección de la boquilla; finalmente, después de haber pasado la sección de salida, continúa contrayéndose hasta adquirir la sección u .

Experimentalmente se verifica que en las boquillas convergentes la descarga es máxima para $\Theta = 13^\circ 30'$, lo que da como resultado un coeficiente de descarga de 0.94 (notablemente mayor al de las boquillas cilíndricas).

FIGURA N° 13: Boquilla cónicas convergentes



W_0, W, W_L, W_t = intervalos de tiempo relacionados con el movimiento del fluido.

V_0 = velocidad inicial.

V = velocidad de descarga.

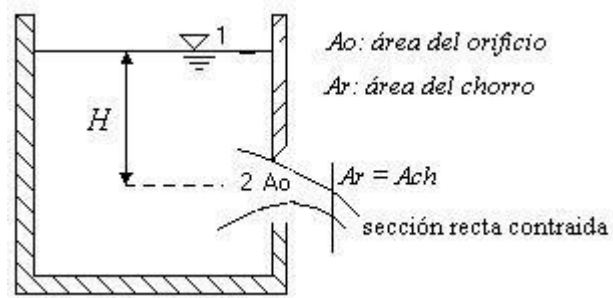
u' = vértice inicial de boquilla convergente.

u'' = vértice de descarga de boquilla convergente.

Fuente: Unicauca, 2000.

- **Cálculo de la velocidad teórica V_t .**

FIGURA N° 14: análisis de descargas



Fuente: Unicauca, 2000.

Aplicando la ecuación de energía entre 1 y 2, en la Figura se tiene:

$$H_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{V_1^2}{2g} = H_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{V_2^2}{2g} + h_p$$

Condiciones de frontera:

$$P_1 = 0 \quad P_2 = 0 \quad V_1 = 0 \quad h_p = 0$$

P_1 = Presión en el punto uno.

P_2 = Presión en el punto dos.

V_1 = Velocidad en el punto uno.

V_2 = Velocidad en el punto dos.

g = Gravedad.

Obtenemos reemplazando las condiciones obtenemos la ecuación la velocidad:

$$V_t = \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (7)$$

V_t= velocidad para cualquier instante de tiempo.

g= Gravedad.

H= carga de agua del agua.

- **Coeficientes de flujo**

- **Coeficiente de descarga C_d**

Es la relación entre el caudal real que pasa a través del dispositivo y el caudal teórico.

$$C_d = \frac{Q_{REAL}}{Q_{TEÓRICO}} = \frac{V_R * A_{ch}}{V_T * A_0} \dots\dots\dots (8)$$

$$Q = C_d * A_0 * \sqrt{2gH} \dots\dots\dots (9)$$

$$C_d = \frac{Q}{A_0 * \sqrt{2gH}} \dots\dots\dots (10)$$

Q : caudal

VR: velocidad real

AH: área del chorro real

VT: velocidad teórica

A0: área de la boquilla

H : carga hidráulica.

Este coeficiente C_d no es constante, varía según el dispositivo y el Número de Reynolds, haciéndose constante para flujo turbulento (Re>105). También es función del coeficiente de velocidad C_v y el coeficiente de contracción C_c.

$$C_d = C_c * C_v \dots\dots\dots (11)$$

- **Coeficiente de velocidad C_v**

Es la relación entre la velocidad media real en la sección recta de la corriente (chorro) y la velocidad media ideal que se tendría sin rozamiento.

$$C_v = \frac{V_{REAL}}{V_{TEÓRICO}} \dots\dots\dots (12)$$

- **Determinación del coeficiente de velocidad**

Es la relación entre la velocidad media real en la sección recta de la corriente (chorro) y la velocidad media ideal que se tendría sin rozamiento.

$$C_v = \frac{V_r}{V_t} \dots\dots\dots (13)$$

- **Coeficiente de contracción C_c**

Relación entre el área de la sección recta contraída de una corriente (chorro) y el área del orificio a través del cual fluye.

$$C_c = \frac{A_{ch}}{A_0} \dots\dots\dots (14)$$

Esta relación puede ser medida en el laboratorio.

Fuente: Unicauca, 2000.

a) Hipótesis.

La descarga de agua a través de Orificios es mayor que la descarga en boquillas, para las mismas condiciones hidráulicas.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Operacionalización de variables

TABLA N° 1: Operacionalización de variable independiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDAD
Independiente: Condición hidráulica	Parámetros a los cuales está sujeto el objeto en estudio.	Diámetro	m ²
		Longitud	m
		Volumen	m ²
		Tiempo	s

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N°2: Operacionalización de variable dependiente

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	INDICADORES	UNIDAD
Variable dependiente: Descarga	Llamamos descarga (volumétrico) Q al volumen de fluido que atraviesa una sección en la unidad de tiempo, y caudal másico a la masa correspondiente: $m = \rho \cdot Q$. Fuente: (Agüero, 2011)	Longitud de descarga	m

Fuente: Elaboración propia, 2016.

3.2. Diseño de investigación

El diseño: Experimental

Por su diseño será:

- Experimental Aplicativa.

3.3. Unidad de estudio

Orificios, boquillas cilíndricas, boquillas convergentes y boquillas divergentes

3.4. Población

Descargas en orificios y boquillas

3.5. Muestra (muestreo o selección)

El tipo de muestra no es probabilística. Descargas para diferente forma de orificios y boquillas.

3.6. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

- Se realizó en la máquina de chorro libre del laboratorio de hidráulica de la universidad UPN de donde se obtuvo datos para el análisis comparativo de descargas.
- Para la recolección de datos se usó un depósito de un 1 litro el cual se utiliza de forma repetitiva para poder obtener un dato confiable
- Toma de intervalos de tiempo para cada carga establecida para todos los orificios y boquillas.
- A partir de estos datos podemos encontrar las descargas tanto en orificios como boquillas.

3.7. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

- Con los datos en el ítem anterior procederemos al análisis de datos elaborando ecuaciones y gráficos.
- Ecuaciones que nos sirvan para poder calcular las descargas para determinadas cargas (H), que deben ser homogéneas tanto en orificios como boquillas.
- Luego se procedió hacer la comparación de descargas y a su vez la elaboración de gráficos y posteriormente se señalará cuáles tiene la mayor y menor descarga entre los accesorios que se sometieron a analizar (orificios y boquillas).

CAPÍTULO 4. RESULTADOS.

4.1. RESULTADOS PROMEDIO DE DATOS DE LABORATORIO.

4.1.1. Resultados promedio de Orificio Cuadrado.

Obtención de datos en la máquina de chorro libre por medio de mediciones de volumen y tiempo para diferentes cargas (H).

TABLA N°3: Medidas promedio de orificio cuadrado

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V p	T p	H p
1	1.3	24.1	1	1.17	24.1	1	1.2	24.1	1	1.23	24.1
1	1.46	23.1	1	1.2	23.1	1	1.25	23.1	1	1.31	23.1
1	1.58	22.1	1	1.23	22.1	1	1.28	22.1	1	1.37	22.1
1	1.65	21.1	1	1.38	21.1	1	1.46	21.1	1	1.50	21.1
1	1.67	20.1	1	1.52	20.1	1	1.56	20.1	1	1.59	20.1
1	1.81	19.1	1	1.54	19.1	1	1.74	19.1	1	1.70	19.1
1	1.84	18.1	1	1.79	18.1	1	1.89	18.1	1	1.84	18.1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.2. Resultados promedio de orificio rectangular.

Resultados obtenidos mediante mediciones de volumen y tiempo para distintas cargas (H) realizando promedios para obtener datos más confiables.

TABLA N°4: Medidas promedio de Orificio rectangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V p	T p	H p
1	1.23	23.1	1	1.27	23.1	1	1.27	23.1	1	1.26	23.1
1	1.32	22.1	1	1.35	22.1	1	1.26	22.1	1	1.31	22.1
1	1.37	21.1	1	1.42	21.1	1	1.29	21.1	1	1.36	21.1
1	1.4	20.1	1	1.56	20.1	1	1.4	20.1	1	1.46	20.1
1	1.46	19.1	1	1.75	19.1	1	1.74	19.1	1	1.65	19.1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.3. Resultados promedio de Orificio circular.

Resultados obtenidos de mediciones de volumen y tiempo para distintas cargas de (H), promediándolos para obtención de datos más confiables.

TABLA N°5: Medidas promedio de orificio circular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1	1.07	70	1	1.26	70	1	1.25	70	1	1.20	70
1	1.26	68	1	1.34	68	1	1.43	68	1	1.35	68
1	1.29	66	1	1.53	66	1	1.5	66	1	1.44	66
1	1.5	64	1	1.57	64	1	1.61	64	1	1.56	64
1	1.6	62	1	1.74	62	1	1.58	62	1	1.64	62
1	1.64	60	1	1.76	60	1	1.75	60	1	1.72	60
1	1.67	58	1	1.77	58	1	1.96	58	1	1.80	58
1	1.84	56	1	1.93	56	1	1.98	56	1	1.92	56

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.4. Resultados Promedio de Orificios triangulares.

Resultados obtenidos de mediciones de volumen y tiempo para distintas cargas de (H), promediando para obtener datos más confiables para el análisis de descargas

TABLA N°6: Medidas promedio de orificio triangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.22	40.00	1.00	1.14	40.00	1.00	1.17	40.00	1	1.18	40
1.00	1.35	38.00	1.00	1.32	38.00	1.00	1.25	38.00	1	1.31	38
1.00	1.45	36.00	1.00	1.41	36.00	1.00	1.40	36.00	1	1.42	36
1.00	1.47	34.00	1.00	1.49	34.00	1.00	1.43	34.00	1	1.47	34
1.00	1.49	32.00	1.00	1.55	32.00	1.00	1.48	32.00	1	1.51	32
1.00	1.69	30.00	1.00	1.60	30.00	1.00	1.56	30.00	1	1.62	30
1.00	1.74	28.00	1.00	1.61	28.00	1.00	1.57	28.00	1	1.64	28
1.00	1.78	26.00	1.00	1.65	26.00	1.00	1.72	26.00	1	1.72	26
1.00	1.89	24.00	1.00	1.68	24.00	1.00	1.76	24.00	1	1.78	24
1.00	2.00	22.00	1.00	1.71	22.00	1.00	1.77	22.00	1	1.83	22

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.5. Resultados Promedio de boquilla cilíndrica cuadrada.

Datos obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo realizadas para cada carga (H), posteriormente procesándose para obtener datos más confiables para cálculo de descargas

TABLA N°7: Medidas promedio de boquilla cilíndrica cuadrada.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1	1.16	22	1	1.15	22	1	1.13	22	1	1.15	22
1	1.31	21	1	1.23	21	1	1.22	21	1	1.26	21
1	1.51	20	1	1.5	20	1	1.34	20	1	1.45	20
1	1.63	19	1	1.53	19	1	1.51	19	1	1.56	19

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.6. Resultados promedio de Boquilla cilíndrica rectangular.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables.

TABLA N°8: Medidas promedio de boquilla cilíndrica rectangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1	1.48	21.1	1	1.46	21.1	1	1.5	21.1	1	1.48	21.1
1	1.6	20.1	1	1.51	20.1	1	1.53	20.1	1	1.55	20.1
1	1.61	19.1	1	1.65	19.1	1	1.54	19.1	1	1.60	19.1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.7. Resultados promedio de boquilla cilíndrico circular.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables.

TABLA N°9: Medidas promedio de boquilla cilíndrica circular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.36	70.00	1.00	1.37	70.00	1.00	1.45	70.00	1.00	1.40	70
1.00	1.57	68.00	1.00	1.58	68.00	1.00	1.61	68.00	1.00	1.59	68
1.00	1.59	66.00	1.00	1.68	66.00	1.00	1.65	66.00	1.00	1.64	66
1.00	1.80	64.00	1.00	1.87	64.00	1.00	1.72	64.00	1.00	1.80	64
1.00	1.86	62.00	1.00	1.89	62.00	1.00	1.76	62.00	1.00	1.84	62
1.00	1.90	60.00	1.00	1.92	60.00	1.00	2.07	60.00	1.00	1.97	60
1.00	2.06	58.00	1.00	2.18	58.00	1.00	2.28	58.00	1.00	2.18	58
1.00	2.13	56.00	1.00	2.24	56.00	1.00	2.30	56.00	1.00	2.23	56

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.8. Resultados promedio de boquilla cilíndrica triangular.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables

TABLA N°10: Medidas promedio de boquilla cilíndrica triangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.26	40.00	1.00	1.41	40.00	1.00	1.43	40.00	1.00	1.37	40
1.00	1.39	38.00	1.00	1.53	38.00	1.00	1.46	38.00	1.00	1.46	38
1.00	1.51	36.00	1.00	1.68	36.00	1.00	1.46	36.00	1.00	1.55	36
1.00	1.60	34.00	1.00	1.70	34.00	1.00	1.66	34.00	1.00	1.66	34
1.00	1.62	32.00	1.00	1.84	32.00	1.00	1.51	32.00	1.00	1.66	32
1.00	1.66	30.00	1.00	1.89	30.00	1.00	1.82	30.00	1.00	1.79	30
1.00	1.64	28.00	1.00	2.09	28.00	1.00	1.83	28.00	1.00	1.86	28
1.00	1.80	26.00	1.00	2.18	26.00	1.00	1.95	26.00	1.00	1.98	26
1.00	1.87	24.00	1.00	2.25	24.00	1.00	2.06	24.00	1.00	2.06	24
1.00	2.10	22.00	1.00	2.33	22.00	1.00	2.29	22.00	1.00	2.24	22

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.9. Resultados promedio de boquilla convergente cuadrada.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables

TABLA N°11: Medidas Promedio de boquilla convergente cuadrada.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.44	24.10	1.00	1.47	24.10	1.00	1.40	24.10	1	1.44	24.1
1.00	1.53	23.10	1.00	1.56	23.10	1.00	1.51	23.10	1	1.54	23.1
1.00	1.70	22.10	1.00	1.74	22.10	1.00	1.74	22.10	1	1.73	22.1
1.00	1.87	21.10	1.00	1.84	21.10	1.00	1.81	21.10	1	1.84	21.1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.10. Resultados promedio de boquilla convergente rectangular.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables.

TABLA N°12: Medidas promedio de boquilla convergente rectangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.27	23.10	1.00	1.29	23.10	1.00	1.23	23.10	1	1.27	23.1
1.00	1.48	22.10	1.00	1.37	22.10	1.00	1.40	22.10	1	1.42	22.1
1.00	1.56	21.10	1.00	1.61	21.10	1.00	1.45	21.10	1	1.54	21.1
1.00	1.67	20.10	1.00	1.70	20.10	1.00	1.66	20.10	1	1.68	20.1
1.00	1.78	19.10	1.00	1.82	19.10	1.00	1.67	19.10	1	1.76	19.1

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.11. Resultados promedio de boquilla convergente circular.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables.

TABLA N°13: Medidas promedio de boquilla convergente circular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.95	72.00	1.00	1.96	72.00	1.00	1.95	72.00	1.00	1.96	72.00
1.00	2.02	71.50	1.00	2.14	71.50	1.00	2.23	71.50	1.00	2.13	71.50
1.00	2.10	71.00	1.00	2.23	71.00	1.00	2.32	71.00	1.00	2.22	71.00
1.00	2.22	70.05	1.00	2.32	70.05	1.00	2.40	70.05	1.00	2.32	70.05

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.12. Resultados promedio de boquilla convergente triangular.

Resultados obtenidos de mediciones volumétricas y de tiempo para carga (H), para luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables.

TABLA N°14: Medidas promedio de boquilla convergente triangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.62	71.50	1.00	1.69	71.50	1.00	1.66	71.50	1.00	1.66	71.50
1.00	1.67	71.00	1.00	1.81	71.00	1.00	1.77	71.00	1.00	1.75	71.00
1.00	1.88	70.50	1.00	1.97	70.50	1.00	1.84	70.50	1.00	1.90	70.50
1.00	1.89	70.00	1.00	2.01	70.00	1.00	2.13	70.00	1.00	2.01	70.00

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.13. Resultados promedio de boquilla divergente cuadrada.

Obtención de datos mediante mediciones de volumen y de tiempo para distintas cargas (H), luego obtener el promedio de dichos datos para obtener resultados de cálculos confiables.

TABLA N°15: Medidas promedio de boquilla divergente cuadrada.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1	1.25	22.00	1.00	1.20	22.00	1.00	1.16	22.00	1.00	1.21	22.00
1	1.36	21.00	1.00	1.36	21.00	1.00	1.24	21.00	1.00	1.32	21.00
1	1.41	20.00	1.00	1.44	20.00	1.00	1.42	20.00	1.00	1.43	20.00
1	1.48	19.00	1.00	1.53	19.00	1.00	1.69	19.00	1.00	1.57	19.00

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.14. Resultados promedio de boquilla divergente rectangular.

Obtención de datos por medio de mediciones de volúmenes y de tiempo que se tomados en relación a la variación de cargas (H), para luego obtener el promedio de dichos datos los cuales serán datos más confiables.

TABLA N°16: Medidas promedio de boquilla divergente rectangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.12	22.00	1.00	1.13	22.00	1.00	1.11	22.00	1.00	1.12	22.00
1.00	1.25	21.00	1.00	1.25	21.00	1.00	1.18	21.00	1.00	1.23	21.00
1.00	1.41	20.00	1.00	1.49	20.00	1.00	1.33	20.00	1.00	1.41	20.00
1.00	1.66	19.00	1.00	1.66	19.00	1.00	1.68	19.00	1.00	1.67	19.00

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.15. Resultados promedio de boquilla divergente circular.

Obtención de datos por medio de mediciones de volúmenes y de tiempos tomados a partir de la variación de cargas (H), que se promediaron para obtener datos más confiables.

TABLA N°17: Medidas promedio de boquilla divergente circular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.63	72.00	1.00	1.69	72.00	1.00	1.72	72.00	1	1.68	72
1.00	1.85	71.50	1.00	1.79	71.50	1.00	1.89	71.50	1	1.85	71.5
1.00	1.89	71.00	1.00	2.16	71.00	1.00	1.94	71.00	1	2.00	71
1.00	2.07	70.05	1.00	2.25	70.05	1.00	2.06	70.05	1	2.13	70.05

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.1.16. Resultados promedio de boquilla divergente triangular.

Obtención de datos por medio de mediciones de volúmenes y de tiempo por cada variación de carga (H), posteriormente promediándolos para obtener datos más confiables.

TABLA N°18: Medidas promedio de boquilla divergente triangular.

1° MEDIDA			2° MEDIDA			3° MEDIDA			PROMEDIO		
V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	V(l)	t(s)	H	Vp	tp	Hp
1.00	1.34	28.00	1.00	1.33	28.00	1.00	1.38	28.00	1.00	1.35	28.00
1.00	1.47	27.50	1.00	1.45	27.50	1.00	1.46	27.50	1.00	1.46	27.50
1.00	1.53	27.00	1.00	1.53	27.00	1.00	1.54	27.00	1.00	1.54	27.00
1.00	1.77	26.50	1.00	1.81	26.50	1.00	1.90	26.50	1.00	1.83	26.50

Fuente: Elaboración propia, 2016.

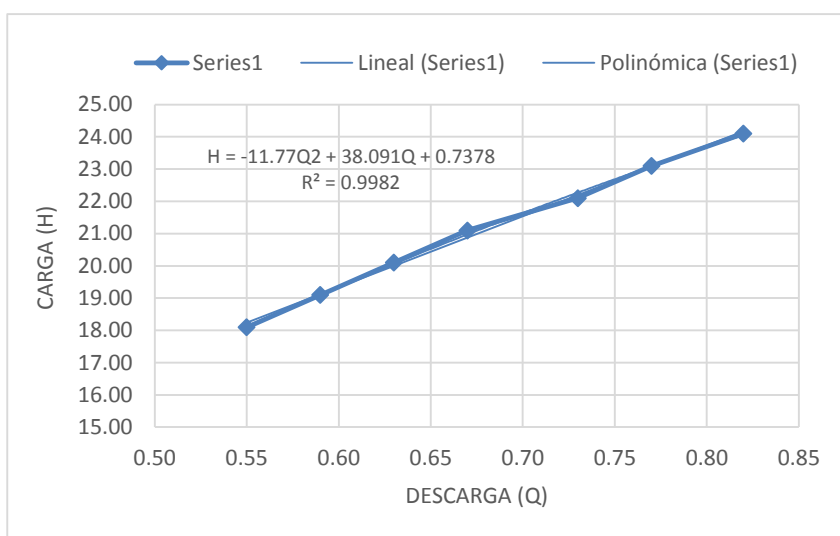
4.2. CÁLCULO DE DESCARGAS PROMEDIO.

4.2.1. Cálculo de descarga en orificios.

A partir de los datos promedio de los valores de medición se realizó el cálculo de descargas en los orificios. Como se muestra a continuación:

4.2.1.1 Descarga de orificio cuadrado

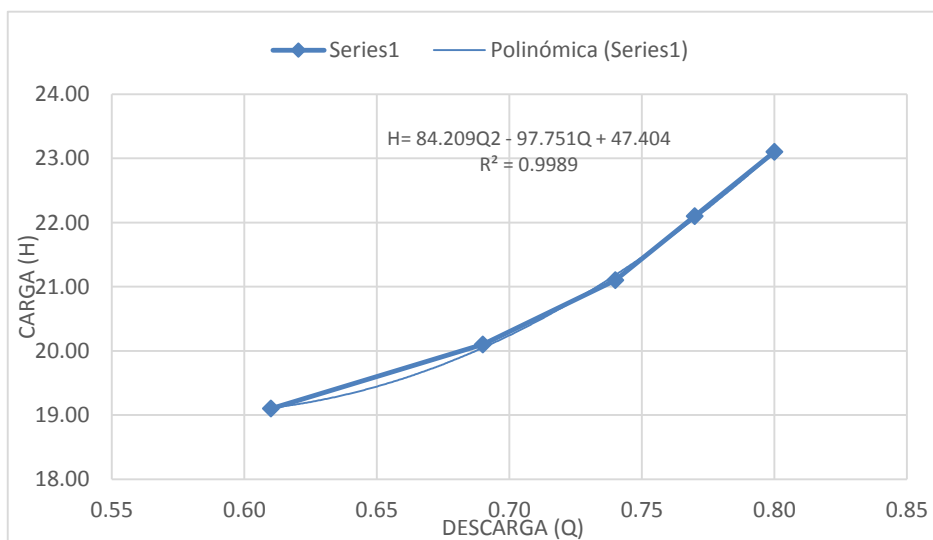
FIGURA N°15: Ecuación de orificio cuadrado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.1.2 Descargas de orificio rectangular.

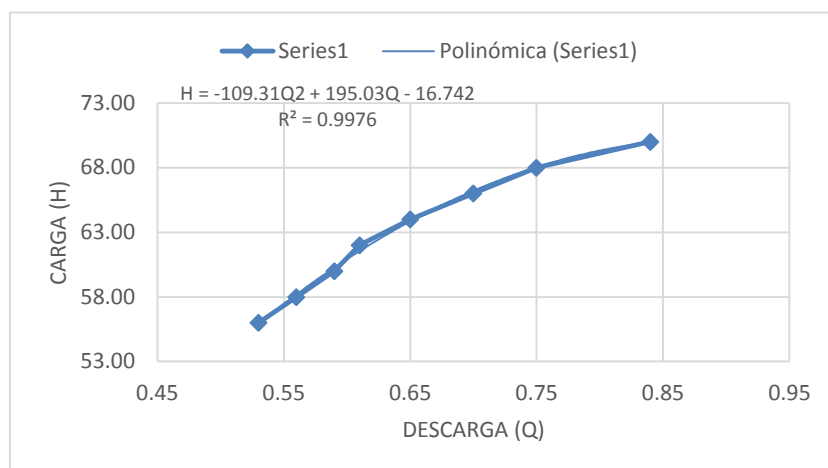
FIGURA N° 16: Ecuación de orificio rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.1.3 Descargas de orificio circular.

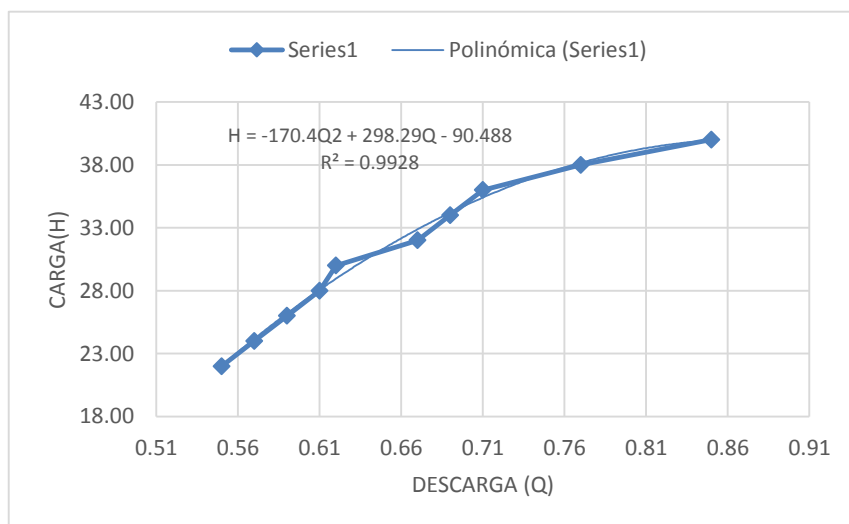
FIGURA N° 17: Ecuación de orificio circular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.1.4 Descarga de orificio triangular.

FIGURA N°18: Ecuación de orificio triangular



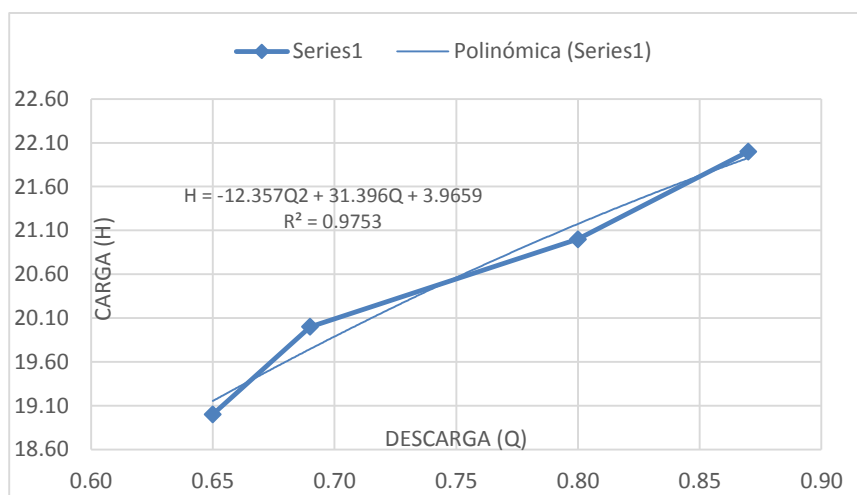
Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.2. Cálculo de descargas en boquillas cilíndricas.

A partir de los datos promedio de los valores de medición se realizara el cálculo de descargas en boquillas cilíndricas de diferentes tipos como se muestra a continuación:

4.2.2.1 Cálculo de descargas en boquilla cilíndrica tipo cuadrada.

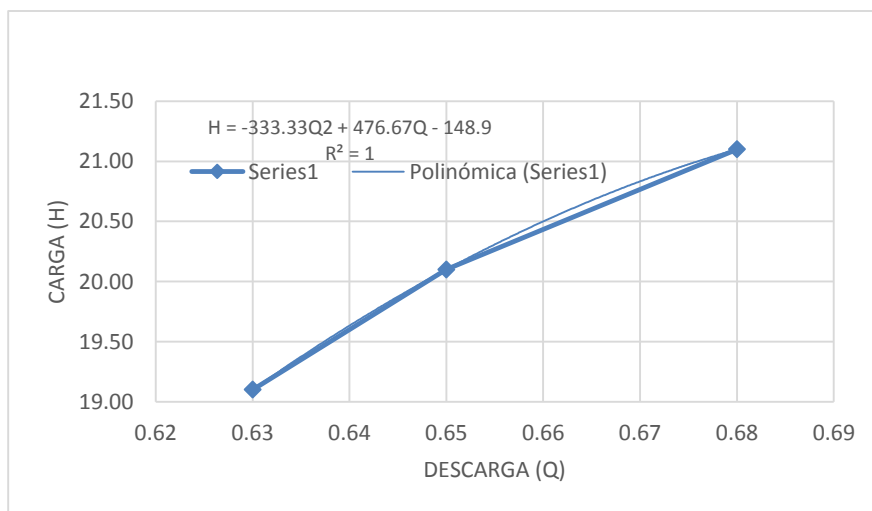
FIGURA N° 19: Ecuación de Boquilla cilíndrica cuadrada



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.2.2 Cálculo de descargas en boquilla cilíndrica tipo rectángulo.

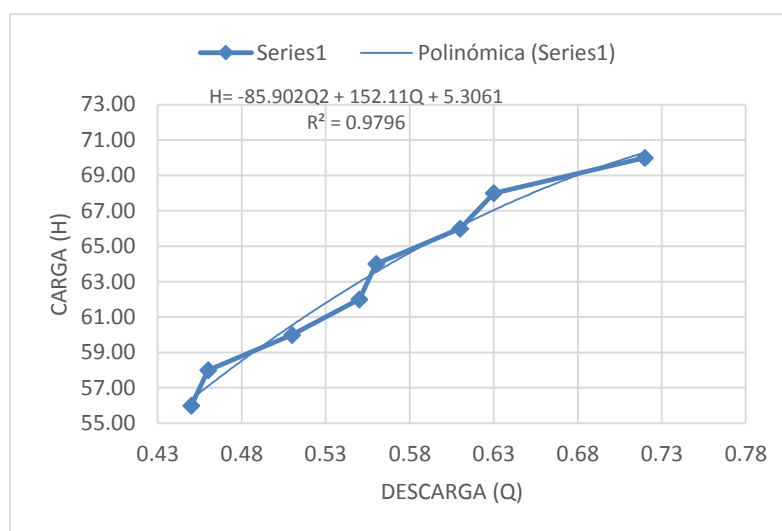
FIGURA N° 20: Ecuación de boquilla cilíndrica rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.2.3 Calculo de descargas en boquilla cilíndrica tipo circular

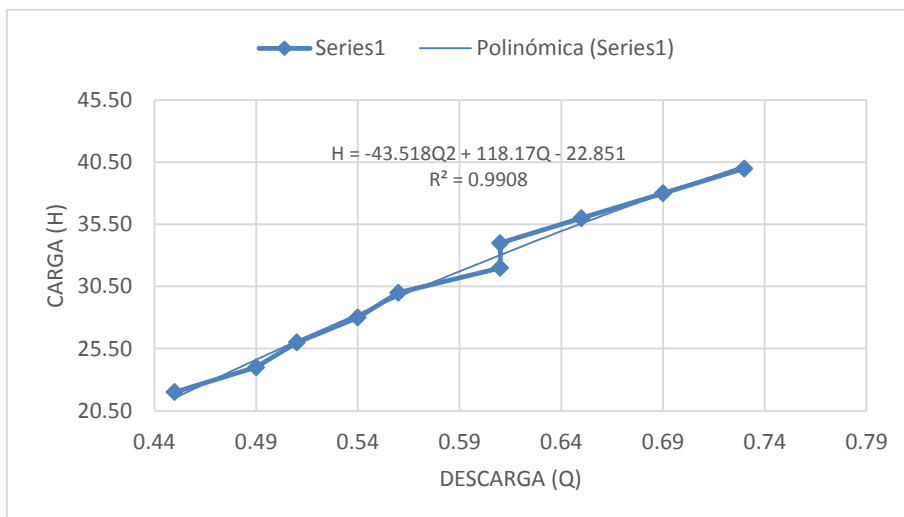
FIGURA N° 21: Ecuación de boquilla cilíndrica circular.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.2.4 Calculo de descargas en boquilla cilíndrica tipo triangular

FIGURA N° 22: Ecuación de boquilla cilíndrica triangular



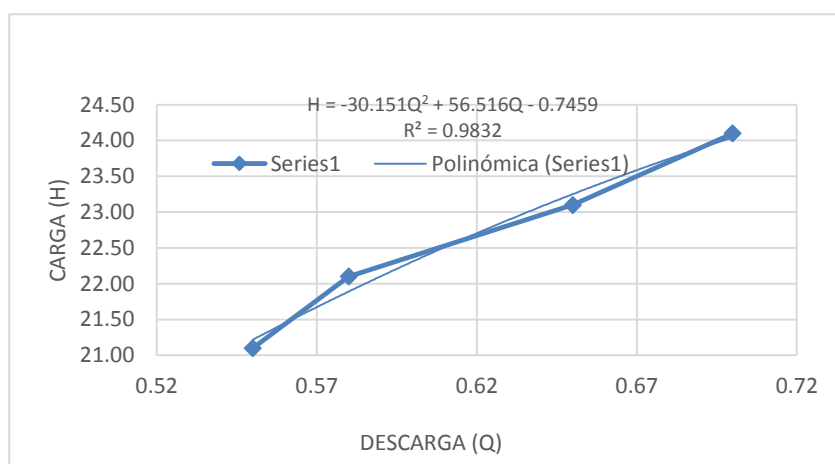
Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.3. Cálculo de descargas en boquillas convergentes.

Obtención de descargas mediante datos de laboratorio de volumen y tiempo como se muestra a continuación.

4.2.3.1 Cálculo de descargas en boquilla convergente tipo cuadrado.

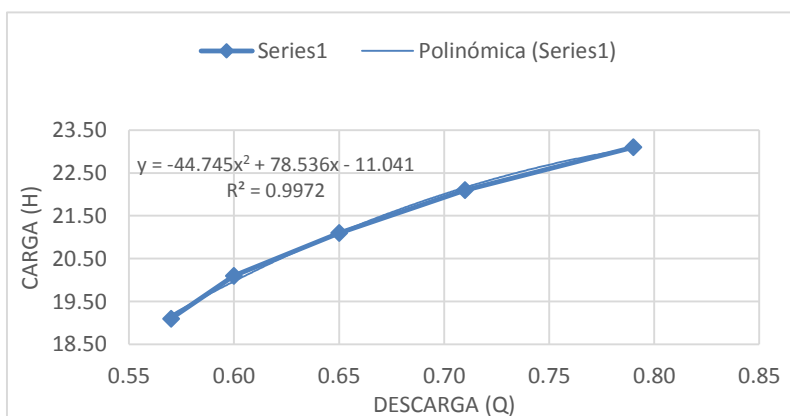
FIGURA N° 23: Ecuación de boquilla convergente cuadrado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.3.2 Cálculo de descargas en boquilla convergente tipo rectangular.

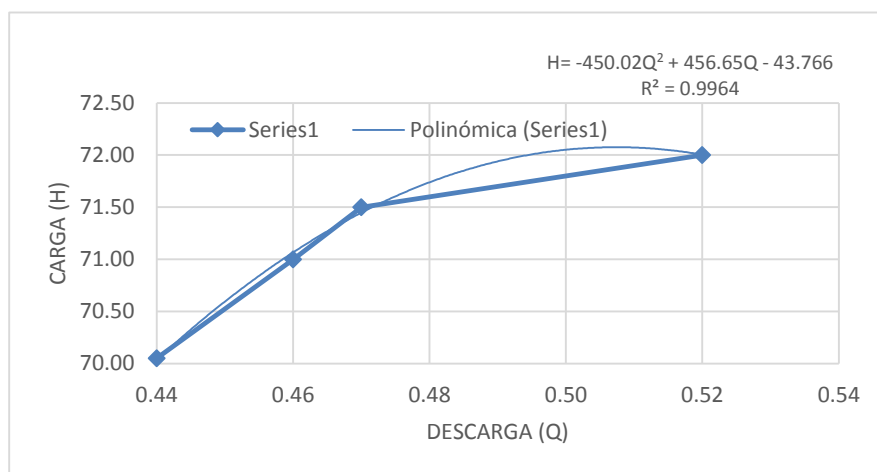
FIGURA N° 24: Ecuación de boquilla convergente rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.3.3 Cálculo de descargas en boquilla convergente tipo circular.

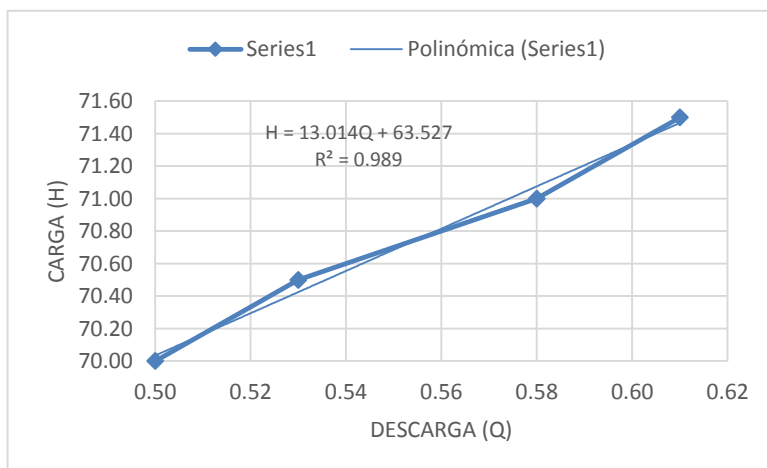
FIGURA N° 25: Ecuación de boquilla convergente circular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.3.4 Cálculo de descargas es boquilla convergente tipo triangular.

FIGURA N° 26: Ecuación de boquilla convergente triangular



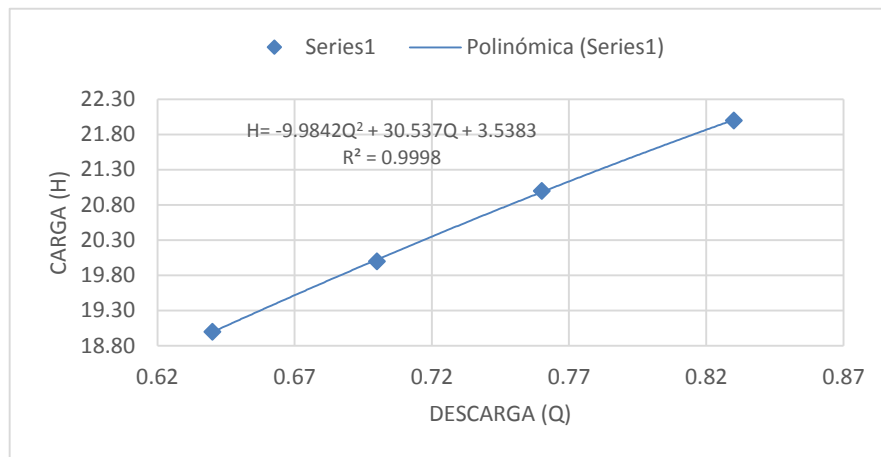
Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.4. Cálculo de descargas en boquillas divergentes.

El cálculo de descarga se obtiene a partir de los datos obtenidos en laboratorio.

4.2.4.1 Cálculo de descargas en boquilla divergente tipo cuadrado.

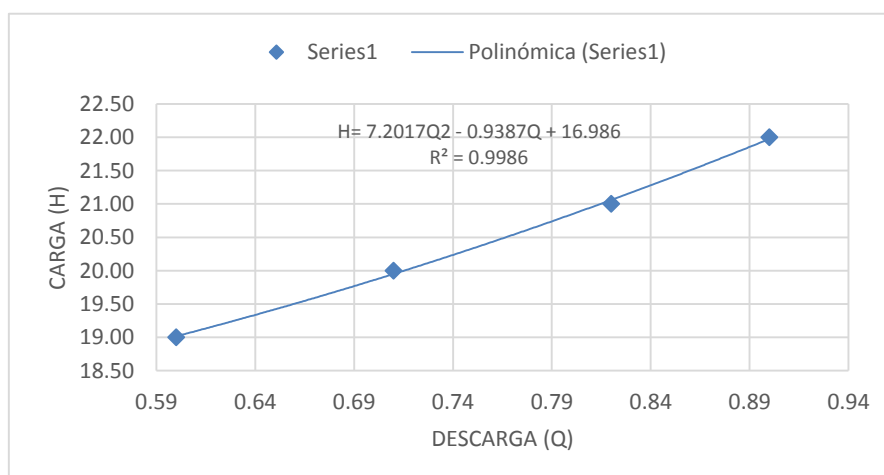
FIGURA N° 27: Ecuación de boquilla divergente cuadrado



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.4.2 Calcular de descargas en boquilla divergente tipo rectangular.

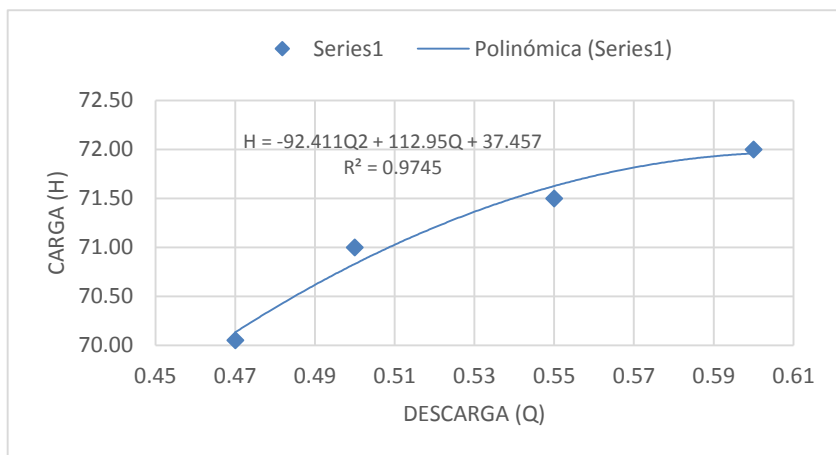
FIGURA N° 28: Ecuación de boquilla divergente rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.4.3 Calculo de descargas en boquilla divergente tipo circular.

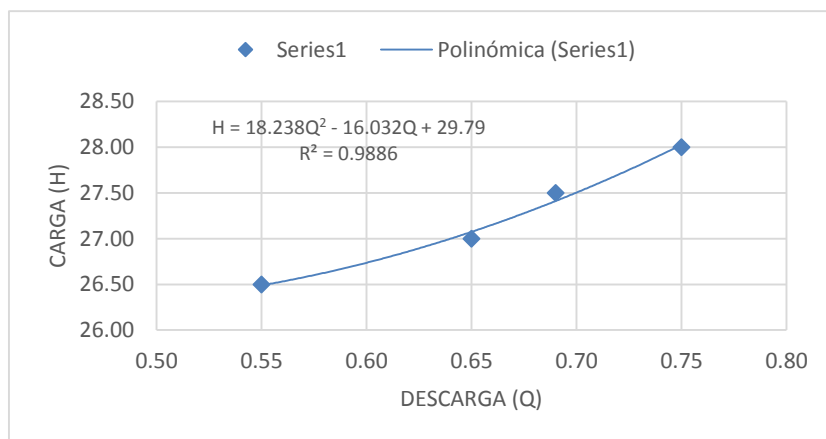
FIGURA N° 29: Ecuación de boquilla divergente circular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.4.4 Calculo de descargas en boquilla divergente tipo triangular.

FIGURA N° 30: Ecuación de boquilla divergente triangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.5. Cálculo de caudales para cualquier carga.

De las ecuaciones se obtuvo caudales para cualquier carga, en el caso de la investigación se determinó cargas homogéneas para orificios y boquillas de tal forma de realizar cálculos de descargas y se puedan comparar gráficamente.

4.2.5.1 Descarga para cualquier tipo de carga en orificios.

TABLA N° 19: Descarga de orificio

Cuadrado

Q(l/s)	H(cm)
0.60	19.3
0.61	19.6
0.62	19.9
0.64	20.2
0.65	20.5
0.66	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 20: Descarga de orificio

rectangular

Q(l/s)	H(cm)
0.64	19.3
0.66	19.6
0.68	19.9
0.70	20.2
0.71	20.5
0.73	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 21: Descarga de orificio

Circular

Q(l/s)	H(cm)
0.21	19.3
0.21	19.6
0.21	19.9
0.22	20.2
0.22	20.5
0.22	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 22: Descarga de orificio

triangular

Q(l/s)	H(cm)
0.53	19.3
0.53	19.6
0.53	19.9
0.53	20.2
0.54	20.5
0.54	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.5.2 Descargas calculadas para determinadas cargas en boquilla cilíndrica.

TABLA N° 23: Descarga de boquilla TABLA N° 24: Descarga de boquilla

Cilíndrica

Cuadrada

Q(l/s)	H(cm)
0.66	19.3
0.68	19.6
0.70	19.9
0.72	20.2
0.75	20.5
0.77	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

cilíndrica

rectangular

Q(l/s)	H(cm)
0.63	19.3
0.64	19.6
0.65	19.9
0.65	20.2
0.66	20.5
0.67	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 25: Descarga de boquilla TABLA N° 26: Descarga de boquilla.

cilíndrica

Circular

Q(l/s)	H(cm)
0.10	19.3
0.10	19.6
0.10	19.9
0.10	20.2
0.11	20.5
0.11	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

cilíndrica

triangular

Q(l/s)	H(cm)
0.42	19.3
0.43	19.6
0.43	19.9
0.43	20.2
0.44	20.5
0.44	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

4.2.5.3 Descarga calculadas para determinadas cargas en boquilla convergente.

TABLA N° 27: Descarga de boquilla
convergente
cuadrado

Q(l/s)	H(cm)
0.48	19.3
0.49	19.6
0.50	19.9
0.51	20.2
0.52	20.5
0.53	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 28: Descarga de boquilla
convergente
rectangular

Q(l/s)	H(cm)
0.57	19.3
0.59	19.6
0.60	19.9
0.61	20.2
0.62	20.5
0.64	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 29: Descarga de boquilla
convergente
circulo

Q(l/s)	H(cm)
0.165	19.3
0.166	19.6
0.167	19.9
0.168	20.2
0.169	20.5
0.170	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 30: Descarga de boquilla
convergente
triangular

Q(l/s)	H(cm)
0.34	19.3
0.34	19.6
0.34	19.9
0.33	20.2
0.33	20.5
0.33	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016

4.2.5.4 Descargas calculadas para determinadas cargas en boquillas divergentes

TABLA N° 31: Descarga de boquilla
divergente
cuadrada

Q(l/s)	H(cm)
0.66	19.3
0.67	19.6
0.69	19.9
0.71	20.2
0.73	20.5
0.75	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 32: Descarga de boquilla
divergente
rectangular

Q(l/s)	H(cm)
0.64	19.3
0.67	19.6
0.70	19.9
0.74	20.2
0.77	20.5
0.80	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016

TABLA N° 33: Descarga de boquilla
divergente
circular

Q(l/s)	H(cm)
1.37	19.3
1.36	19.6
1.36	19.9
1.36	20.2
1.36	20.5
1.36	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

TABLA N° 34: Descarga de boquilla
divergente
triangular

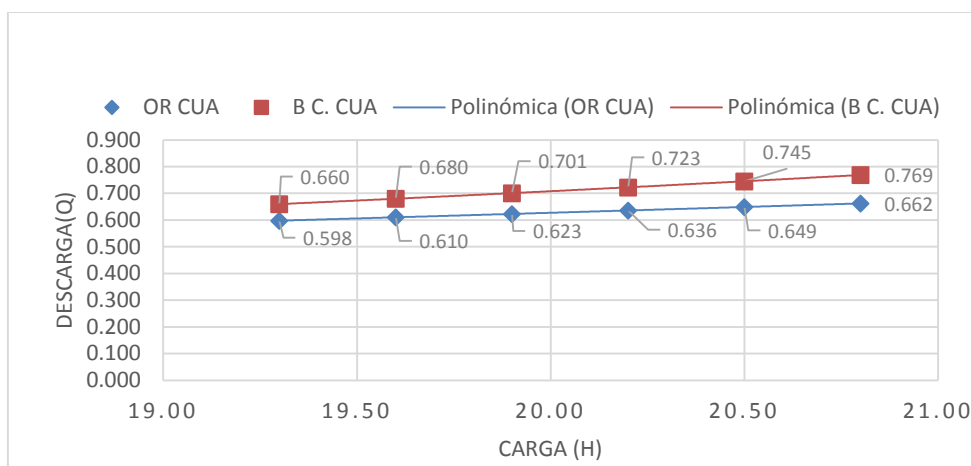
Q(l/s)	H(cm)
0.44	19.3
0.43	19.6
0.42	19.9
0.41	20.2
0.40	20.5
0.39	20.8

Fuente: Elaboración propia, 2016.

CAPÍTULO 5. DISCUSIÓN

En los siguientes gráficos se realizó una comparación entre un orificio cuadrado y una boquilla cilíndrica cuadrada en la cual se puede observar que la boquilla cilíndrica tiene mayor caudal que el orificio cuadrado.

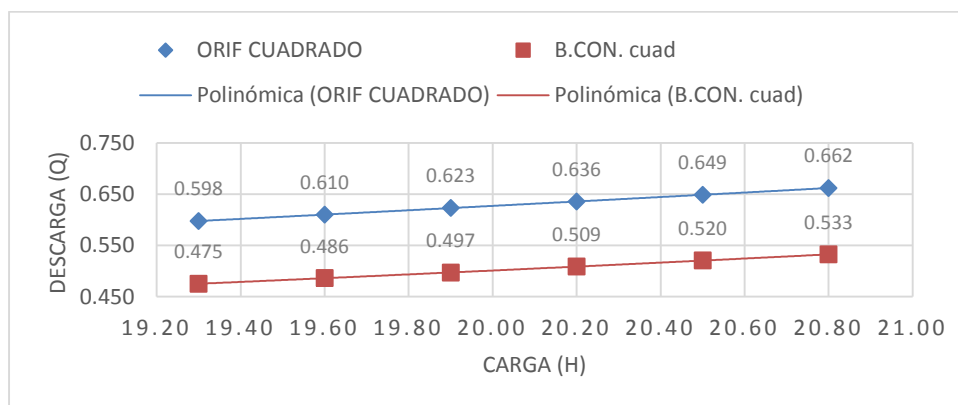
FIGURA N° 31: Comparación orificio cuadrado vs Boquilla cilíndrica cuadrada



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la siguiente grafico muestra curvas que representan orificio cuadrado y boquilla cilíndrica en la que se observa que la descarga es mayor para el orificio de forma cuadrada.

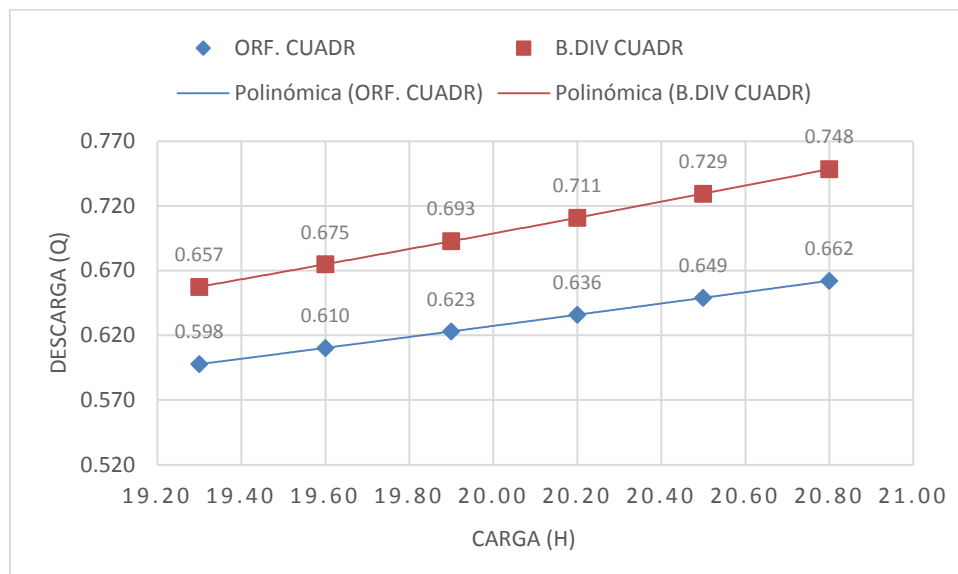
FIGURA N° 32: Comparación orificio cuadrado vs boquilla convergente cuadrada.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el grafico muestra curvas que representan a un orificio de forma cuadrada y una boquilla convergente de forma cuadra donde se visualiza que a mayor carga presenta mayor descarga la boquilla convergente de forma cuadrada.

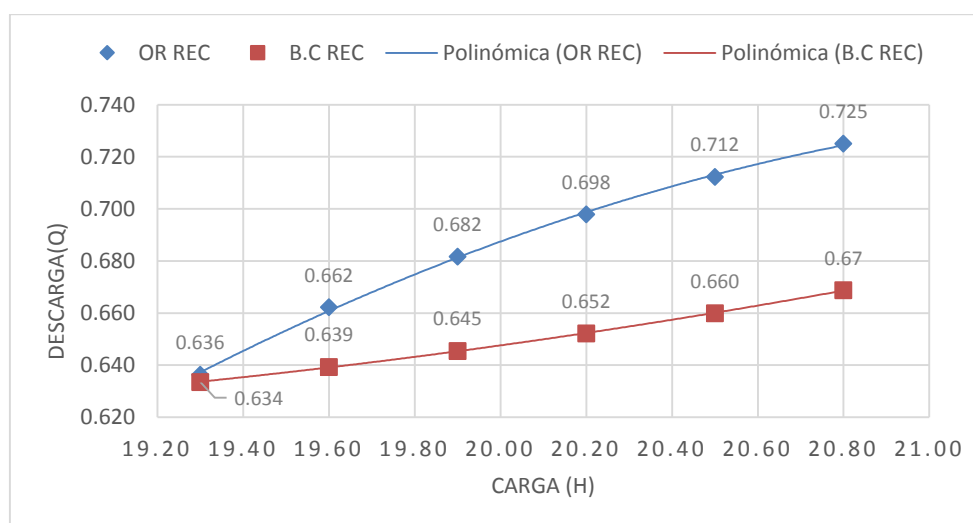
FIGURA N° 33: Comparación orificio cuadrado vs boquilla divergente cuadrado.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

El grafico muestra las curvas representativas de descargas de orificio y boquilla divergente de forma cuadrada donde se puede apreciar que a mayor carga el orificio presenta mayores descargas que la boquilla.

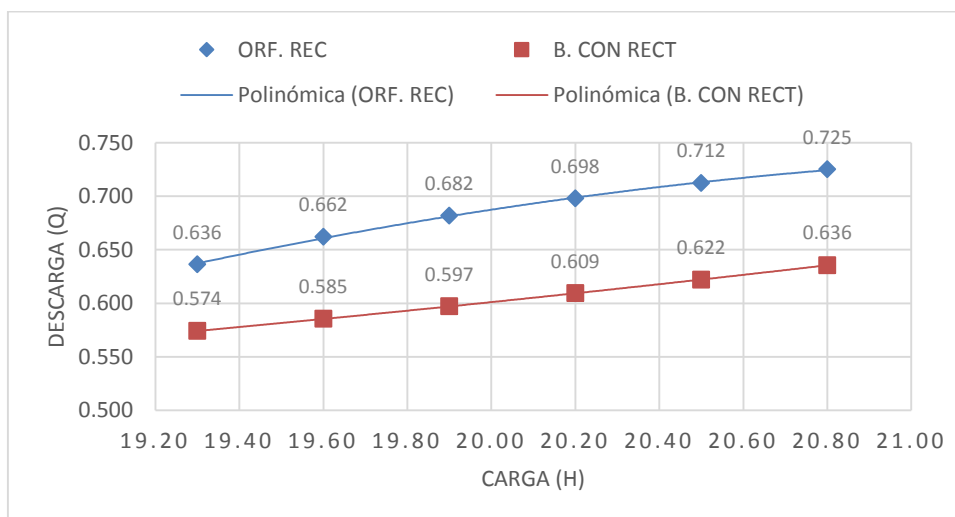
FIGURA N° 34: Comparación orificio rectangular vs boquilla cilíndrica rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el gráfico muestra las curvas representativas de un orificio rectangular y una boquilla convergente rectangular presentando mayores descargas el orificio debido a que cuanto más carga mayor descarga tiene.

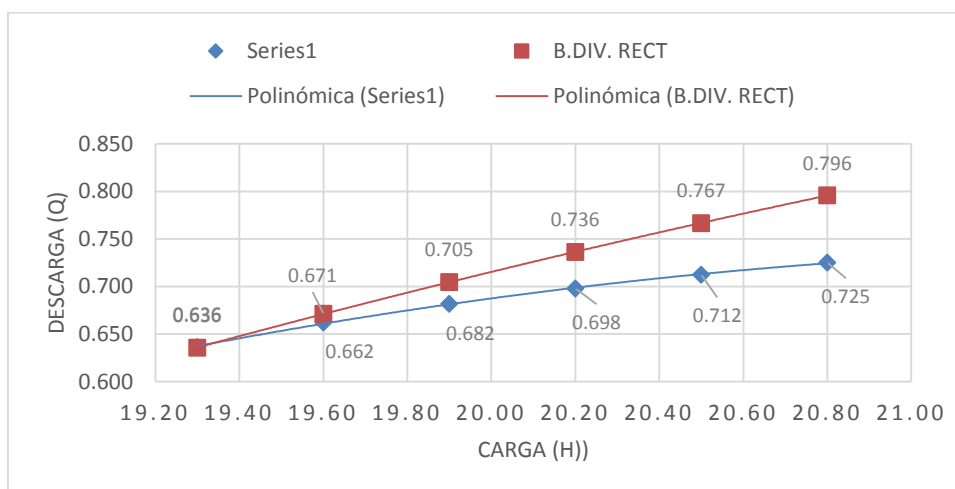
FIGURA N° 35: Comparación orificio rectángulo VS boquilla convergente rectangular.



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el gráfico nos muestra el comportamiento de la descarga en la boquilla rectangular convergente y el orificio rectangular con que se puede observar que la boquilla convergente presenta mayor descarga.

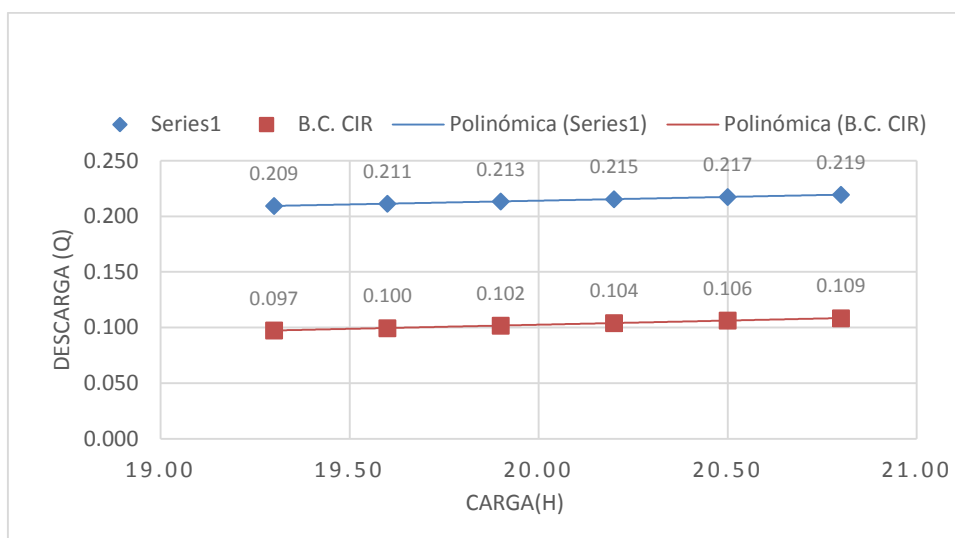
FIGURA N° 36: Comparación de orificio rectangular VS Boquilla divergente rectangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica muestra las curvas de tendencias de las descargas de un orificio rectangular y una boquilla divergente rectangular que va aumentando cada una de las descargas a mayor carga (H), nos da como dato máximo para el orificio con una carga de 20.80 una descarga de 0.725 l/s mientras la boquilla cilíndrica para la misma carga presenta una descarga de 0.796 l/s.

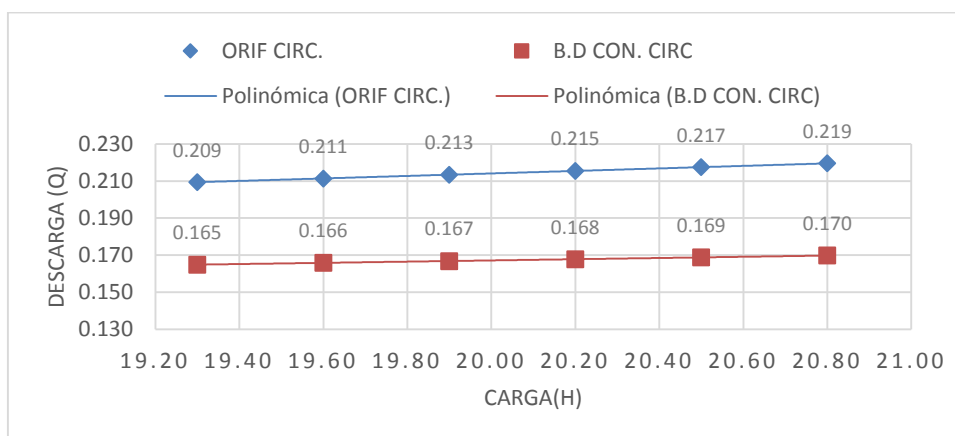
FIGURA N° 37: Comparación orificio circular Vs boquilla cilíndrica circular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica se muestra el comportamiento de descarga de un orificio circular que con la máxima carga (H= 20.80), presenta una descarga de 0.219 l/s ; mientras la boquilla para una carga igual presenta una descarga de 0.109 l/s.

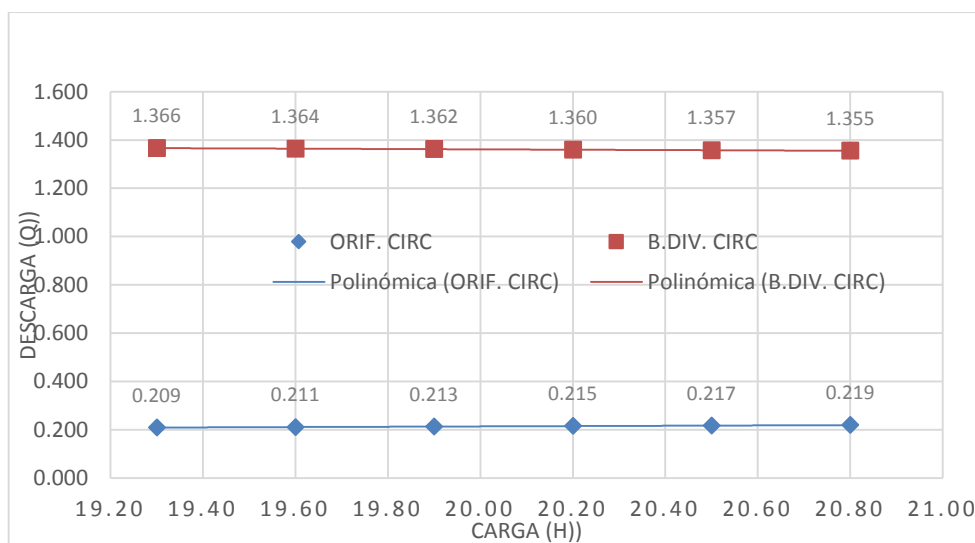
FIGURA N° 38: Comparación orificio circular VS boquilla convergente circular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el gráfico nos muestra tendencia de la descarga representativas de orificio circular y boquilla convergente los cuales presentan con una carga máxima para ambos de 20.8 dando como resultado la descarga del orificio 0.219 l/s y la descarga de a boquilla convergente de 0.170 l/s.

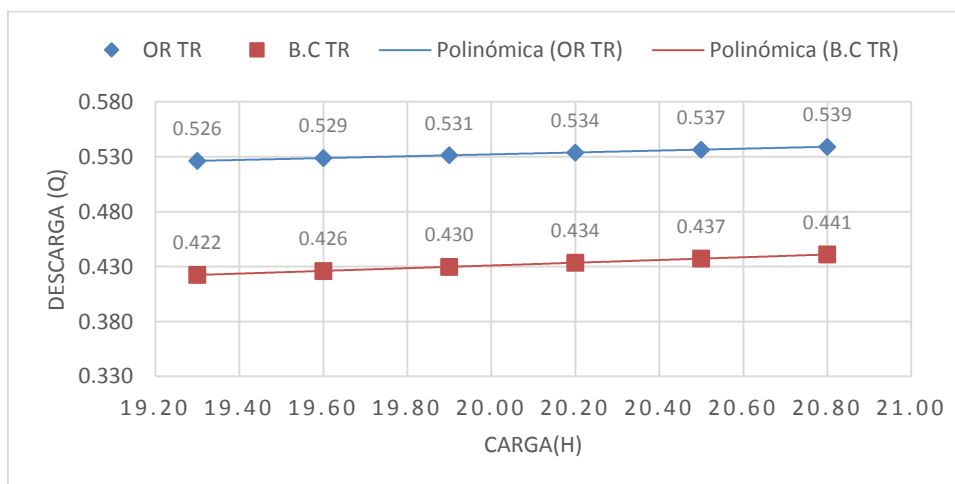
FIGURA N° 39: Comparación orificio circular VS Boquilla divergente circular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica representa curvas de comportamiento de descarga de orificio circular con una carga máxima de 20.80 y una descarga de 0.219 l/s y una boquilla divergente de 1355 l/s descarga.

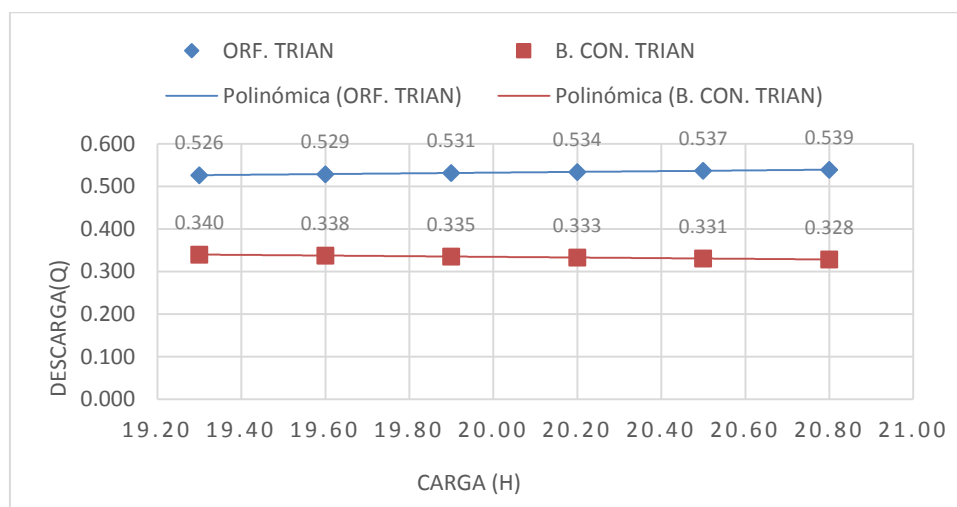
FIGURA N° 40: Comparación orificio triangular VS boquilla cilíndrica triangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En la gráfica representa curvas de comportamiento de descarga de orificio triangular con una carga máxima de 20.80 y una descarga de 0.539 l/s y una boquilla cilíndrica triangular de 0.441 l/s descarga.

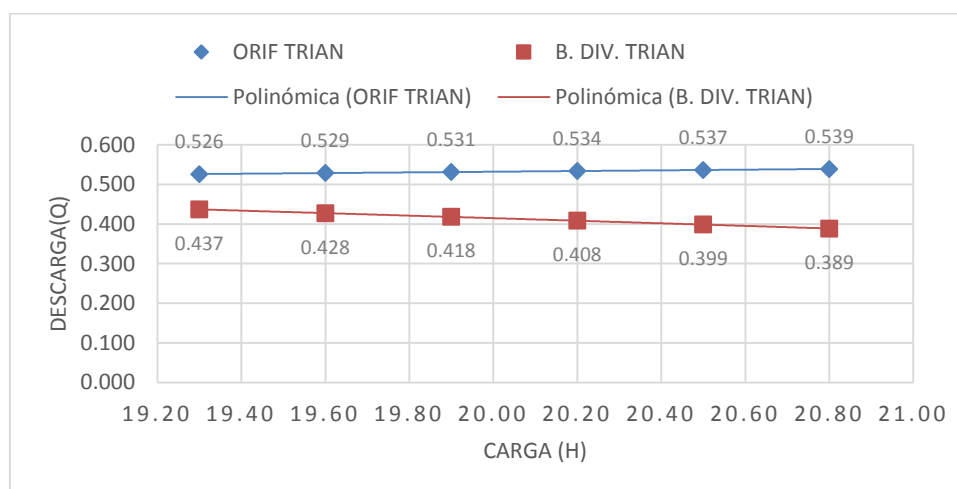
FIGURA N° 41: Comparación de orificio triangular VS boquilla convergente triangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el gráfico muestra el comportamiento de las descargas para un orificio triangular y una boquilla convergente triangular dando unas descargas máximas de 0.539 l/s y 3.28 l/s respectivamente.

FIGURA N° 42: Comparación de orificio triangular VS boquilla divergente triangular



Fuente: Elaboración propia, 2016.

En el gráfico muestra el comportamiento de las descargas para un orificio triangular y una boquilla divergente triangular dando unas descargas máximas de 0.539l /s y 0.389 l/s respectivamente.

Finalmente adjuntara un cuadro resumen con los valores calculados para cada accesorio en un cuadro resumen.

TABLA N°35: RESUMEN

TIPO DE ACCESORIO		CARGA (H cm)					
		19.300	19.600	19.900	20.200	20.500	20.800
CAUDAL (Q l/s)	ORF. CUADRADO	0.598	0.610	0.623	0.636	0.649	0.662
	ORF. RECTANGULAR	0.636	0.662	0.682	0.698	0.712	0.725
	ORF. CIRCULAR	0.209	0.211	0.215	0.215	0.217	0.219
	ORF. TRIANGULAR	0.526	0.529	0.531	0.534	0.537	0.539
	BOQ. CILN CUADRADA	0.660	0.680	0.701	20.200	0.745	0.769
	BOQ. CILN RECTANG.	0.634	0.639	0.645	0.652	0.660	0.669
	BOQ. CILN CIRCULAR	0.097	0.100	0.102	0.104	0.106	0.109
	BOQ. CILN TRIANGULAR	0.422	0.426	0.430	0.434	0.437	0.441
	BOQ. CONV CUADRADA	0.475	0.486	0.497	0.509	0.520	0.533
	BOQ. CONV RECTAN	0.574	0.585	0.597	0.609	0.622	0.636
	BOQ. CONV CIRCULAR	0.165	0.166	0.167	0.168	0.169	0.170
	BOQ. CONV TRIANG	0.340	0.338	0.335	0.333	0.331	0.328
	BOQ. DIV CUADRADO	0.657	0.675	0.693	0.711	0.729	0.748
	BOQ. DIV RECTAN	0.636	0.671	0.705	0.736	0.767	0.796
	BOQ. DIV CIRCULAR	1.366	1.364	1.362	1.360	1.357	1.355
	BOQ. DIV TRIANG	0.437	0.428	0.418	0.408	0.399	0.389

Fuente: Elaboración propia, 2016.

CONCLUSIONES.

- En orificios de sección cuadrada, rectangular, circular y triangular para las mismas condiciones de funcionamiento hidráulico; las de sección rectangular son las que generan mayor descarga.
- En boquillas cilíndricas de sección cuadrada, rectangular, circular y triangular para las mismas condiciones de funcionamiento hidráulico; las de sección cuadrada son las que generan mayor descarga.
- En boquillas cónicas convergentes de sección cuadrada, rectangular, circular y triangular para las mismas condiciones de funcionamiento hidráulico; las de sección rectangular son las que generan mayor descarga.
- En boquillas cónicas divergentes de sección cuadrada, rectangular, circular y triangular para las mismas condiciones de funcionamiento hidráulico; las de sección circular son las que generan mayor descarga.
- La descarga en orificios es superior a las descarga en boquillas cilíndricas, boquillas cónicas convergentes y boquillas cónicas divergentes cuando se tiene sección cuadrada, rectangular, circular y triangular y trabajan con las mismas condiciones de funcionamiento hidráulico.

REFERENCIAS

- Arturo Aguilar Chávez (2008). *Medidor de flujo de placa orificio con sensores de presión*. (Titulo profesional de ingeniero). Instituto Politecnico Nacional, México
- Jose Ramón Lopez Lopez (2011). *Calibración de instrumentos de medición de flujo para conductos cerrados*. (Titulo de profesional de ingeniero). Universidad de San Carlos de Guatemala ,Guatemala.
- Andy Williams Alonzo Vásquez. (2013). *Medición de flujo en compuertas y orificios*. (Titulo profesional de ingeniero). Universidad de San Carlos de Guatemala,Guatemala
- G.Sotelo, a. (1985). *Hidráulica general*, México: limusa noriega ediciones.
- Maira María Pérez Villara, Elena Rosa Domínguez, Yaribey M. González Rochea, Taimy Jimenez Llanob. (enero 2015). *Diseño de un humedal sub superficial vertical para la depuración de las aguas residuales de la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Universidad Central “Marta Abreu”*. [En line].Recuperado de: <http://www.raco.cat/index.php/afinidad/article/viewFile/291707/380205>
- David Palma Santana. (2014). *Diseño y construcción de un dispositivo medidor de placa y orificio para analizar el comportamiento del flujo con respecto a los índices de cavitación*. Universidad autónoma de Chapingo, México.
- José Agüero S.(2011). *Mecánica de fluidos*,9. Recuperado de: <http://www.uco.es/termodinamica/ppt/pdf/fluidos%201.pdf>.
- Luis Pérez Farras. (2005). *Nociones sobre orificios y vertederos, tipos de escurrimiento uniforme en canales, remansos y resaltos, y su relación con la sedimentación y la corrosión en cloacas*.

Recuperado de:http://www.fi.uba.ar/archivos/institutos_orificios_vertederos.pdf.
- Universidad del Cauca (2000). *Estudio y patronamiento de orificios boquillas. Popayan*:Departamento de hidraulica.

- Azevedo, N. y Acosta, A, (1976) *Manual de Hidráulica*. Sao Paulo, EDITORA EDGARD BLOCHER).

ANEXOS

- El formato de datos de laboratorio.
- Panel Fotográfico.

FORMATO DE DATOS DE LABORATORIO

Anexo n° 01: formato de toma de datos de laboratorio

		DETERMINACION DE DESCARGAS EN ORIFICIOS Y BOQUILLAS					
		FAULTAD DE INENERIA CIVIL					
		CARRERA DE INGENIERIA CIVIL					
TESIS		"ANALISIS COMPARATIVO DE LAS DESCARGAS EN ORIFICIOS Y BOQUILLAS EN LABORATORIO UPN. CAJAMARCA"					
LABORATORIO	LABORATORIO DE HIDRAULICA UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE						
FECHA		TESISTA	INCISO PAJARES CARLOS JONATHAN				
LUGAR		ASESOR	Ing. Luis Vásquez Ramírez				
N° DE PRUEVA						HORA DE INICIO	
TIPO			FORMA			AREA	
N°	TIPO:						
	V (l)	t (s)	H(cm)	X(cm)	Y (cm)	Base	Altura
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

Observación:	

EJECUTO	APROBO	ASESOR
Carlos Jonathan Inciso Pajares	Ing. Aguilar Aliaga Orlando	Luis Vásquez Ramírez
Tesista	Director de Carrera de Ingeniería Civil	Asesor de tesis

PANEL FOTOGRAFICO.

Fotografía 01: medición de dimensiones del accesorio (orificio cuadrado)



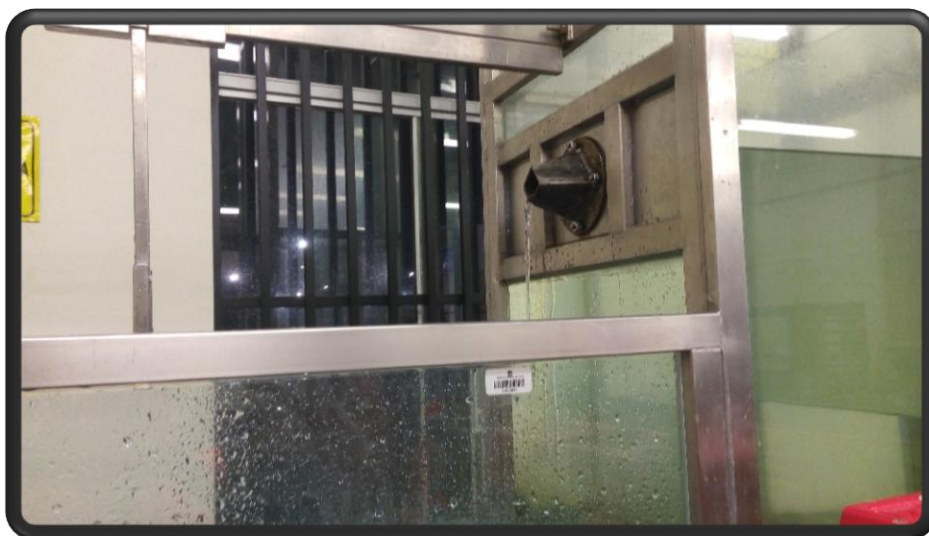
Fotografía 02: Orificio delgado de forma cuadrada



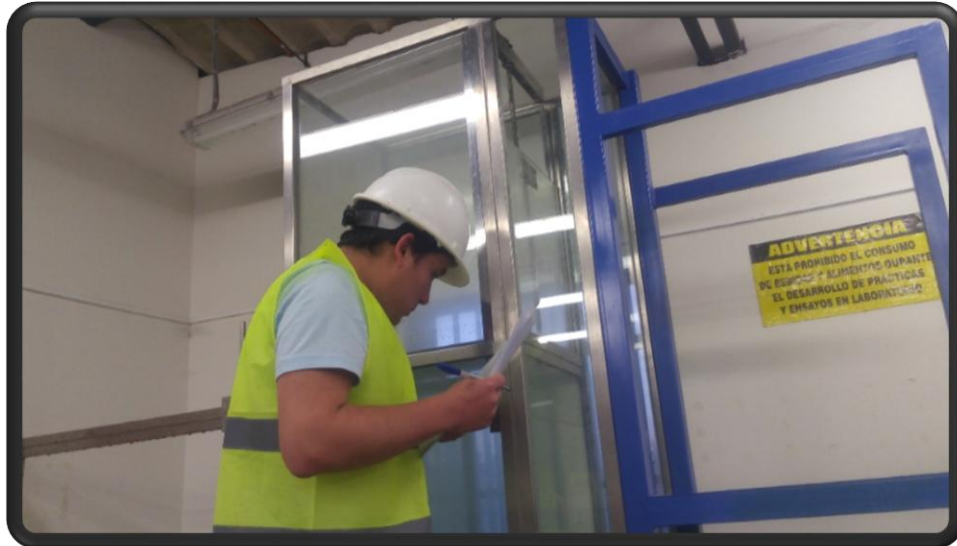
Fotografía 03: Orificio circular de pared delgada de forma circular



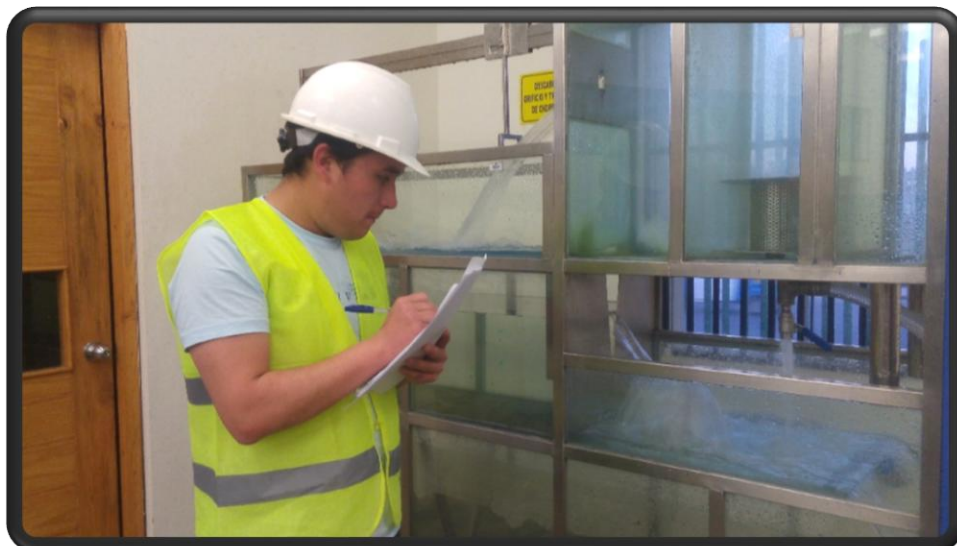
Fotografía 04: Boquilla de forma cuadrada



Fotografía 05: Toma de datos centro de gravedad del orificio



Fotografía 06: Toma de volumen y tiempo



Fotografía 07: supervisión del asesor (Luis Vásquez Ramírez)



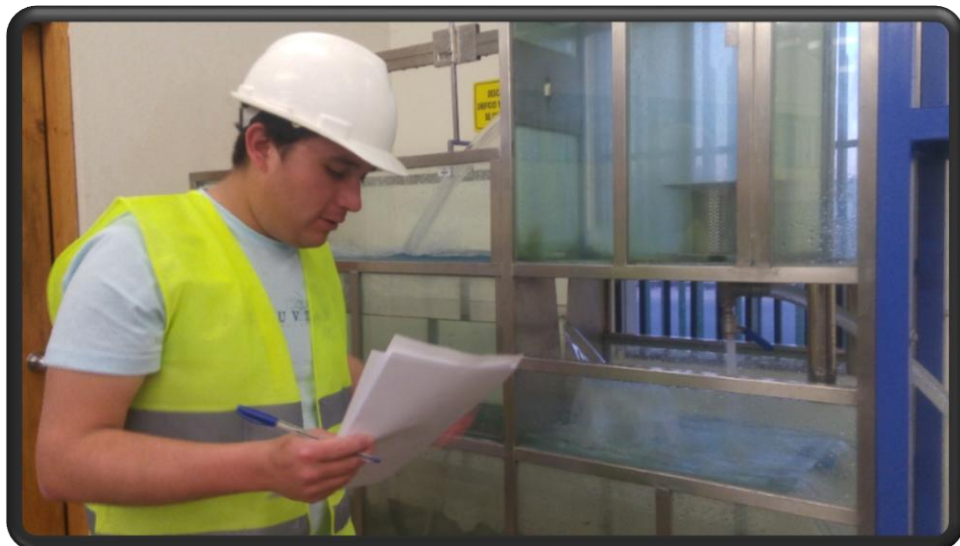
Fotografía 08: recopilación de datos



Fotografía 09: Máquina Chorro libre



Fotografía 10: Toma de datos concerniente a caudales



Fotografía 11: Máquina a Chorro libre

